



**Escola Universitària Politècnica
del Baix Llobregat**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ANNEXOS

TÍTOL: Disseny d'un perfil alar òptim per a l'atmosfera marciana

AUTOR: Robert Guilanyà Jané

DIRECTOR: Jordi Gutierrez Cabello

DATA: 26 de juny de 2006

ÍNDIX DE L'ANNEX

Abreviatures i definicions	1
1. Simulacions	3
<i>1.1 Resultats de les simulacions amb $p=0.5$, $t=0.1$ i m variable</i>	<i>3</i>
Taula 1.1.1 Resultats obtinguts en funció del camber	3
Figura 1.1.2 Simulació de la velocitat	3
Figura 1.1.3 Simulació de la pressió estàtica	4
Figura 1.1.4 Capa límit	4
<i>1.2 Resultats de les simulacions amb $m=0.11$, $t=0.1$ i p variable</i>	<i>5</i>
Taula 1.2.1 Resultats obtinguts a partir de la posició del gruix màxim	5
Figura 1.2.2 Simulació de la pressió estàtica	5
Figura 1.2.3 Simulació de la velocitat	6
Figura 1.2.4 Trajectòries del flux	7
Figures 1.2.5 Trajectòries del flux	7
<i>1.3 Resultats de les simulacions amb $m=0.11$, $p=0.7$ i t variable</i>	<i>8</i>
Taula 1.3.1 Resultats obtinguts a partir del gruix màxim	8
Figura 1.3.2 Simulació de la velocitat	8
Figura 1.3.3 Simulació de la pressió estàtica	9
Gràfica 1.3.4 Comportament del CI amb t	9
Figura 1.3.5 Comportament de la pressió estàtica	10
<i>1.4 Resultats de les simulacions amb $m=0.11$, $p=0.4$ i t variable</i>	<i>10</i>
Taula 1.4.1 Resultats obtinguts a partir del gruix màxim	10
<i>1.5 Powered lift</i>	<i>11</i>
Figura 1.5.1 Perfil alar amb l'accelerador	11
Taula 1.5.2 Resultats obtinguts variant els paràmetres de l'accelerador	12
Figura 1.5.3 Accelerador de 0.5%c de gruix	13
Figura 1.5.4 Comparació de l'accelerador de 0.5%c i 10%c de gruix	14
Figura 1.5.5 Perfil de velocitat de l'accelerador	15
Figura 1.5.6 Comparació de velocitats de l'accelerador de 0.5%c i 10%c de distància al perfil	15
Figura 1.5.7 Comparació de la pressió estàtica de l'accelerador de 0.5%c i 10%c de distància al perfil	16

Figura 1.5.8 Comparació de velocitats de l'accelerador de 1%c i 10%c de distància al caire d'atac	16
Figura 1.5.9 Comparació de la pressió estàtica de l'accelerador de 1%c i 10%c de distància al caire d'atac.....	17
Figura 1.5.10 Comparació de la trajectòria del flux d'un angle de sortida de 15° i 0°.	17
Figura 1.5.11 Comparació de la pressió estàtica d'un angle de sortida de 15° i 0°.	18
Figura 1.5.12 Comparació de la densitat d'un angle de sortida de 15° i 0°.	19
Figura 1.5.13 Comparació de la pressió estàtica amb una velocitat de sortida de 0.8 i 0.9M	20

1.6 El perfil final..... 21

Figura 1.6.1 El perfil en tres dimensions	21
Taules 1.6.2 Valors dels coeficients en funció de l'angle d'atac.	21
Figura 1.6.3 Comparació de les velocitats amb un angle d'atac de 0 i 15° a 1500m	23
Figura 1.6.4 Comparació de la pressió estàtica amb un angle de -10, 0 i 10° a 0m	24
Figura 1.6.5 Separació de la capa límit amb un angle de 10, 15, 20 i 25° a 5000m	25
Figura 1.6.6 Comparació de la pressió estàtica amb un angle de -20 i 20° a 0m	26
Figura 1.6.7 Esquema de la disminució del $C_{m_{c/4}}$	27
Figura 1.6.8. Configuració canard	27
Figura 1.6.9 Configuració convencional	28

2.Característiques de l'atmosfera marciana..... 29

<i>Taula 2.1 Comparativa de les constants planetàries.....</i>	<i>29</i>
<i>Taula 2.2 Comparativa de l'atmosfera marciana amb la terrestre</i>	<i>29</i>
<i>Figura 2.3 Variació de la temperatura en un dia marcià.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 2.4 Variació de la temperatura en un any marcià.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 2.5 Variació de la temperatura en funció de l'altura a la primavera</i>	<i>31</i>
<i>Figura 2.6 Variació de la temperatura en funció de l'altura a l'estiu</i>	<i>31</i>
<i>Figura 2.7 Variació de la temperatura en funció de l'altura a l'hivern ..</i>	<i>32</i>
<i>Figura 2.8 Variació de la temperatura en funció de la latitud i la longitud.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 2.9 Variació de la pressió en un dia marcià.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 2.10 Variació de la pressió en un any marcià.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 2.11 Variació de la pressió en funció de l'altura a l'estiu</i>	<i>34</i>
<i>Figura 2.12 Variació de la pressió en funció de l'altura a l'hivern.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 2.13 Variació de la densitat en un dia marcià.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 2.14 Variació de la densitat en un any marcià.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 2.15 Variació de la densitat en funció de l'altura</i>	<i>36</i>
<i>Figura 2.16 Variació de la densitat en funció de la latitud i la longitud.....</i>	<i>36</i>

3. El codi del programa per dissenyar perfils alars 37

Abreviatures i definicions

a: Velocitat del so [m/s]
 A: Area [m²]
 ARES: Aerial Regional-scale Environmental Survey of Mars
 α : Angle d'atac. Angle format entre la línia de referència del perfil i la direcció del flux d'aire infinit.
 AR: Aspect ratio
 c: corda del perfil
 Ca: Centre aerodinàmic
 Cd: Coeficient de fricció
 CG: Centre de gravetat o de masses
 Cl: Coeficient de sustentació
 $C_{m_{c/4}}$: Coeficient de moments al voltant d'un quart de corda
 $C_{m_{c.a}}$: Coeficient de moments al voltant del centre aerodinàmic.
 C_p : Calor específica [J/kg·K]
 D: Força de fregament [N]
 γ : Specific heat ratio
 g: Gravetat [m/s²]
 h: Altura [m] o [km]
 ISP: Impuls específic [s]
 L: Força de sustentació [N]
 M: pes molecular [g/mol]
 M: Número de Mach
 M: Moment [N·m]
 MGS: Mars Global Surveyor
 m: massa [kg]
 m: $y_{c_{max}}/c$
 η : Viscositat [kg/m·s]
 η_0 : Viscositat de referència [kg/m·s]
 σ : Angle entre la recta paral·lela a la línia de corda i la recta perpendicular a y_t .
 ρ : Densitat [kg/ m³]
 P: Pressió [Pa] o [mb]
 p: posició de $y_{c_{max}}/c$
 R: Constant dels gasos [Pa·m³/kg·K] o [J/kg·K]
 R: Radi de curvatura del perfil
 Re: Número de Reynolds
 S: Temperatura efectiva, la constant de Sutherland [K]
 S: Superfície alar [m²]
 T: Temperatura [K] o [°C]
 T_0 : Temperatura de referència
 t: gruix màxim/c
 t/c: Thickness Ratio
 t/w: Thrust to weight ratio
 TOGW: Take of Gross Weight [kg]
 UAV: Unmanned Aerial Vehicle (vehicle no tripulat)
 v: Velocitat [m/s] o [km/h] o [M]
 w/s: Wing loading
 x_0, x_i : Valors de l'abscissa del perfil.

y_o, y_l : Valors de l'ordenada del perfil

y_c : Curvatura de la corda mitja.

$y_{c_{max}}$: Curvatura màxima de la corda mitja

y_t : Gruix del perfil alar

1. Simulacions

1.1 Resultats de les simulacions amb valors de $p=0.5$, $t=0.1$ i m variable.

Camber	Cl
0.050	0.5065
0.090	0.8130
0.095	0.8323
0.100	0.8599
0.105	0.9011
0.110	0.9331
0.115	0.9074
0.120	0.6823
0.150	0.2775
0.220	-0.3741

Camber	Cd
0.050	0.0243
0.090	0.0359
0.095	0.0377
0.100	0.0407
0.105	0.0450
0.110	0.0484
0.115	0.0453
0.120	0.0632
0.150	0.0933
0.220	0.1652

Camber	$Cm_{c/4}$
0.050	0.1327
0.090	0.2208
0.095	0.2289
0.100	0.2367
0.105	0.2446
0.110	0.2677
0.115	0.2531
0.120	0.2032
0.150	-0.1110
0.220	0.0333

Taules 1.1.1. Resultats obtinguts en funció del camber

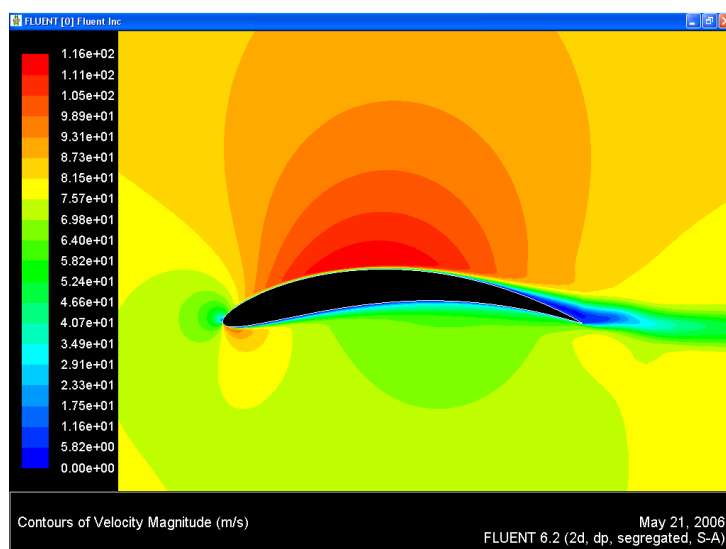
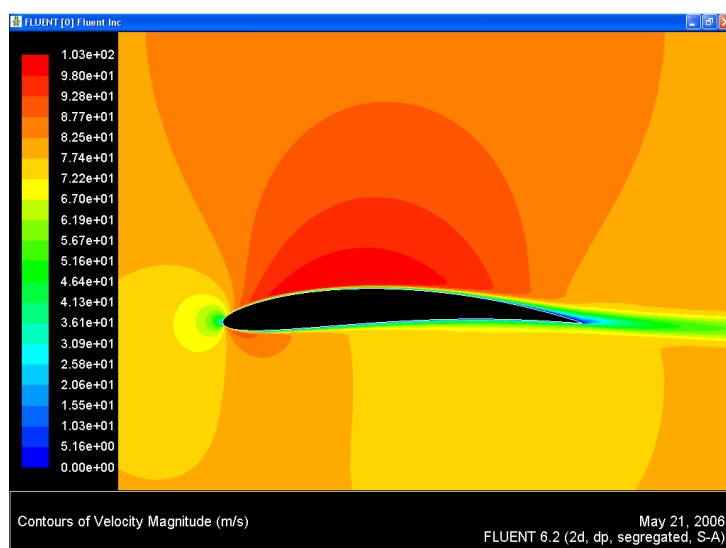


Figura 1.1.2. Augment de la velocitat al extradós degut a l'augment del camber. La imatge de sobre mostra un perfil de 0.05 de camber i amb una velocitat màxima de 103m/s; la de sota mostra un perfil de 0.115 de camber amb una velocitat màxima de 116m/s.

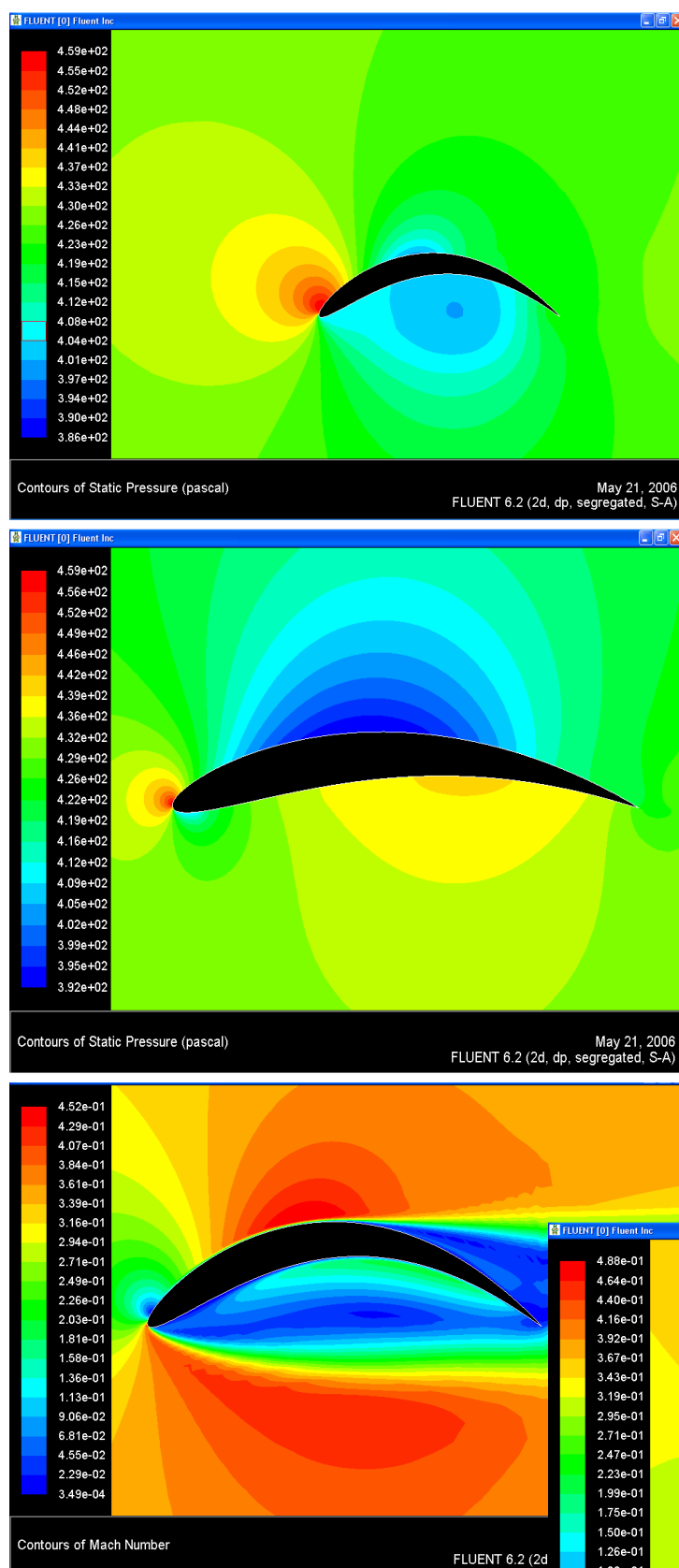
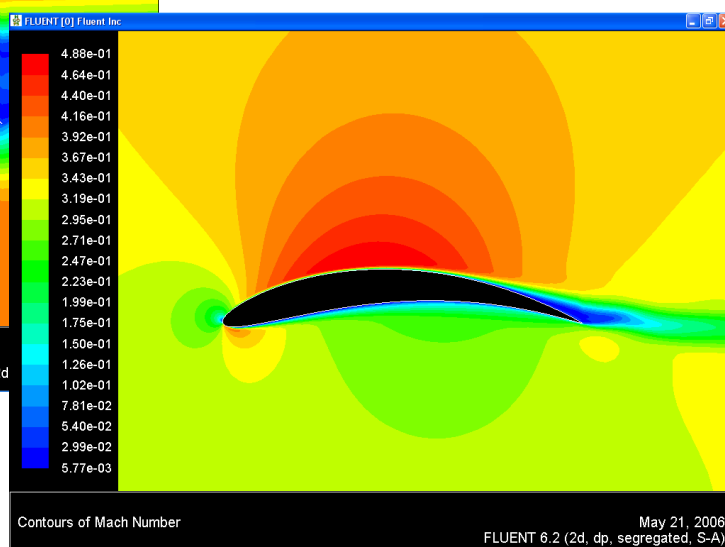


Figura 1.1.3. Es pot apreciar el increment de pressió estàtica (la zona vermella) al caire d'atac. La imatge de dalt mostra la simulació d'un perfil amb camber de 0.22, la inferior és de 0.115.

Figura 1.1.4. Es pot apreciar com la capa límit es separa abans en un perfil de camber 0.22 (el de dalt) que amb un de 0.115 (dreta).



1.2. Resultats de les simulacions amb valors de $m=0.11$, $t=0.1$ i p variable

Posició de gruix màxim	CI
0.30	0.7349
0.40	0.7698
0.50	0.9336
0.60	0.9837
0.70	1.0003
0.80	0.9170
0.90	0.8968

Posició de gruix màxim	Cd
0.30	0.0529
0.40	0.0519
0.50	0.0484
0.60	0.0593
0.70	0.0790
0.80	0.0910
0.90	0.1095

Posició de gruix màxim	$Cm_{c/4}$
0.30	0.1571
0.40	0.1913
0.50	0.2677
0.60	0.3063
0.70	0.3421
0.80	0.3408
0.90	0.3478

Taules 1.2.1. Taules obtingues a partir de la posició del gruix màxim

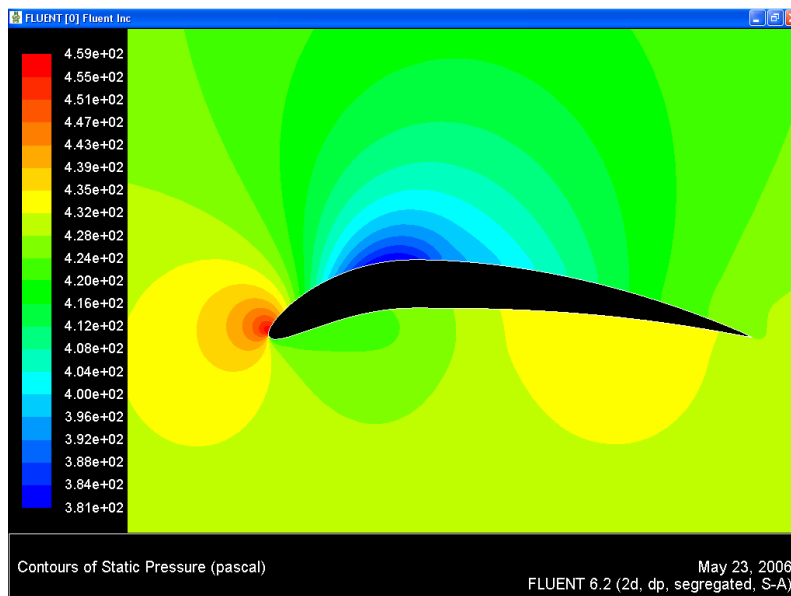


Figura 1.2.2. Augment de la pressió estàtica en el perfil de dalt ($p=0.3$), un valor més baix per el de sota ($p=0.7$).



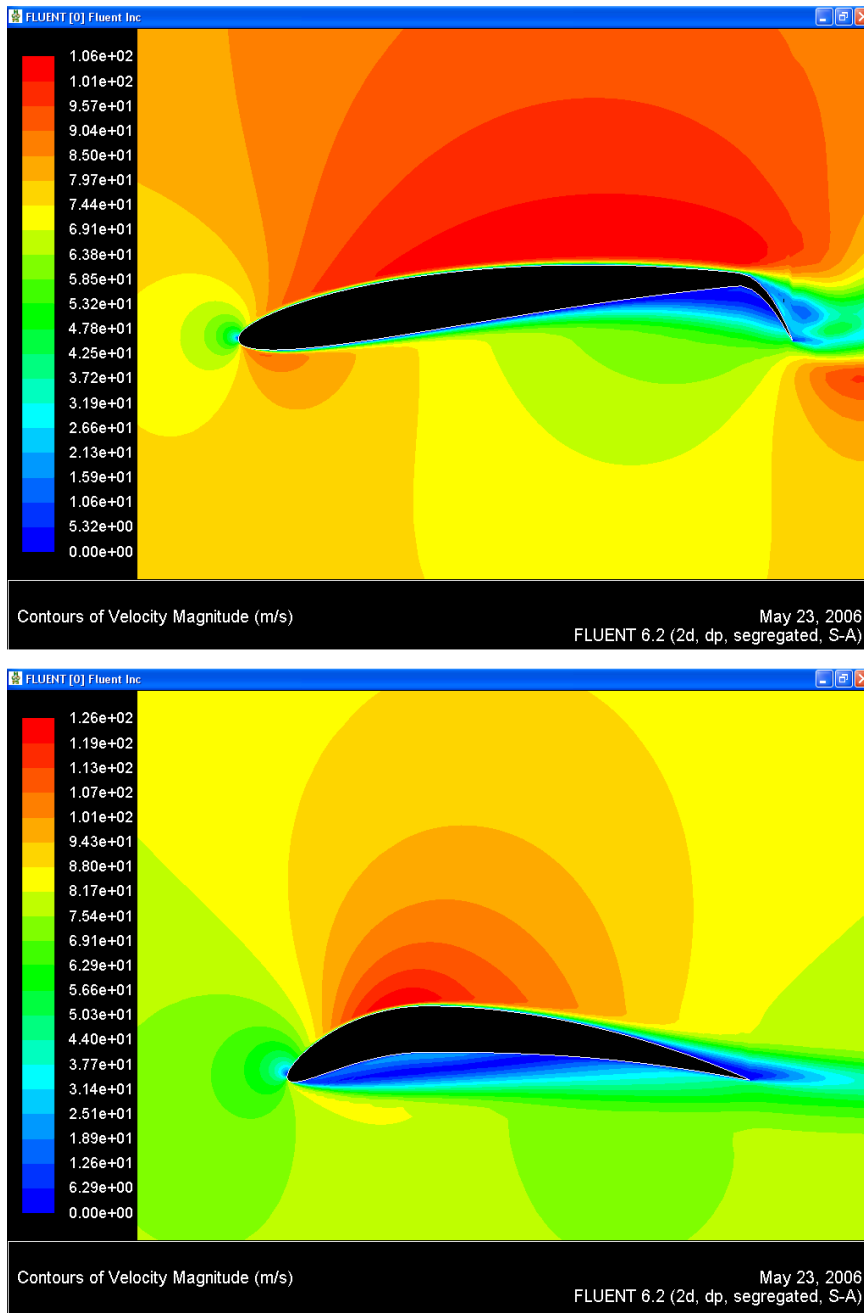


Figura 1.2.3. Es pot apreciar unes velocitat més altes en el perfil de sota ($p=0.3$) de 126m/s, en canvi unes velocitats més baixes en el de dalt ($p=0.9$), de 106m/s. També, es pot veure que la capa límit del perfil inferior es separa abans que el superior.

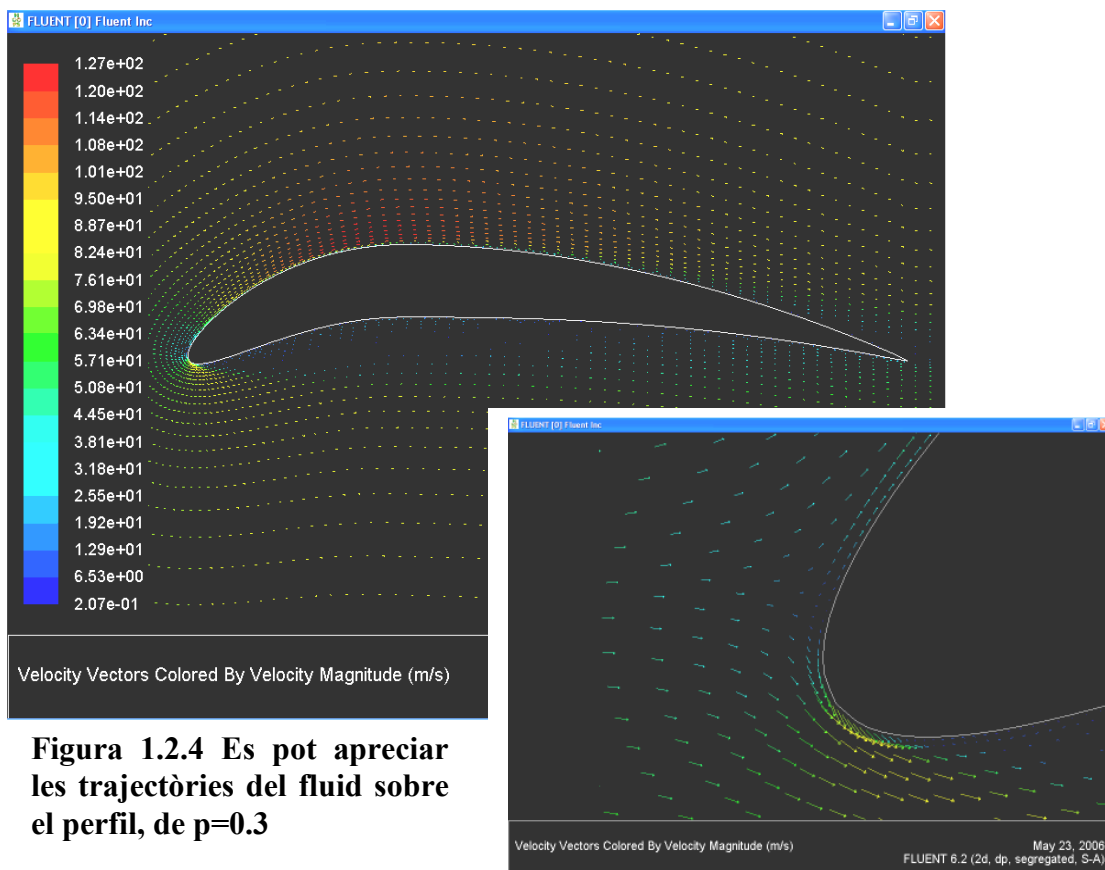
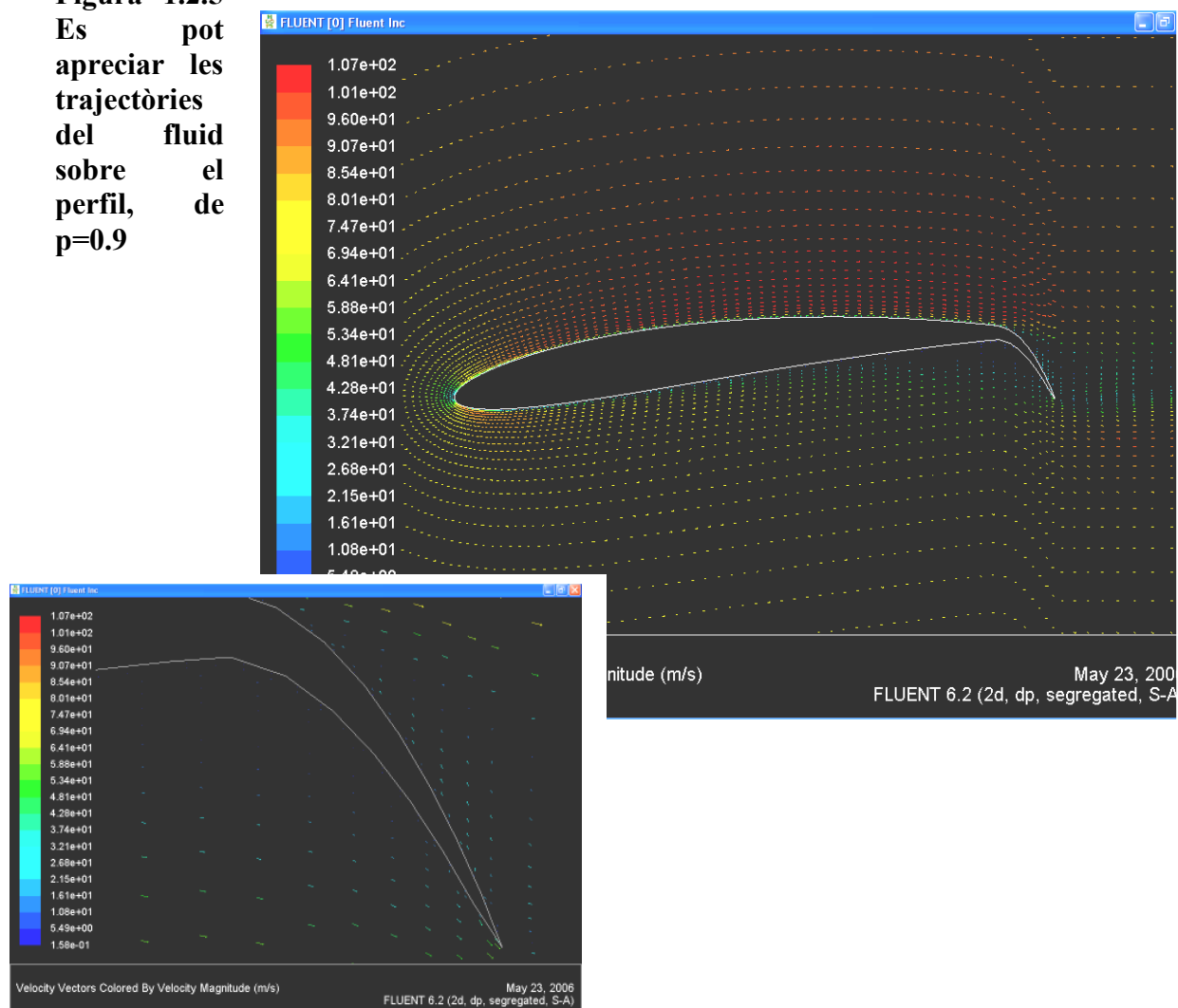


Figura 1.2.4 Es pot apreciar les trajectòries del fluid sobre el perfil, de $p=0.3$

Figura 1.2.5
Es pot apreciar les trajectòries del fluid sobre el perfil, de $p=0.9$



1.3. Resultats de les simulacions amb valors de $m=0.11$, $p=0.7$ i t variable

Gruix màxim	Cl
0.05	1.1023
0.10	1.0003
0.15	0.8206
0.50	0.2602

Gruix màxim	Cd
0.05	0.0747
0.10	0.0789
0.15	0.0776
0.50	0.2147

Gruix màxim	$Cm_{c/4}$
0.05	0.3444
0.10	0.3421
0.15	0.2967
0.50	0.0111

Taules 1.3.1. Taules obtingues a partir del gruix màxim

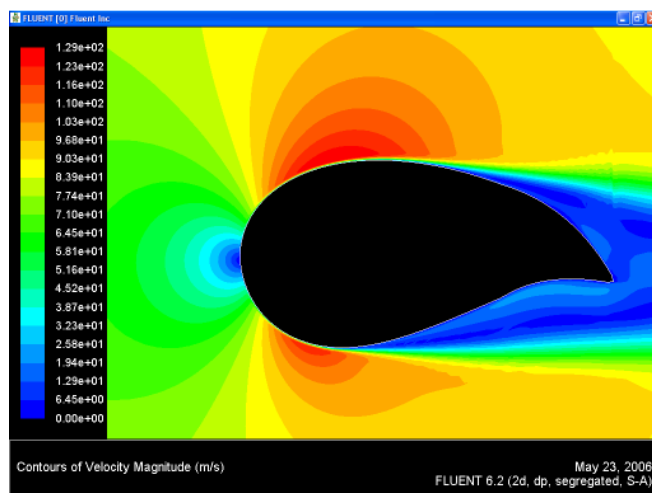
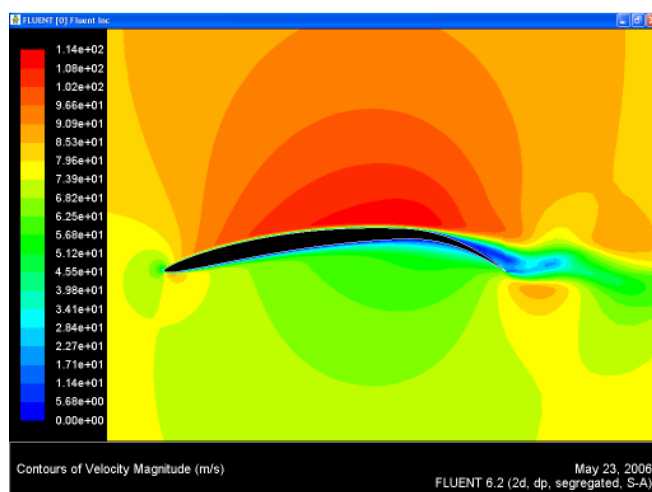


Figura 1.3.2. Es pot observar la prematura separació de la capa límit d'un perfil de $t=0.5$ (dalt), i la més tardana separació d'un perfil $t=0.05$ (sota).



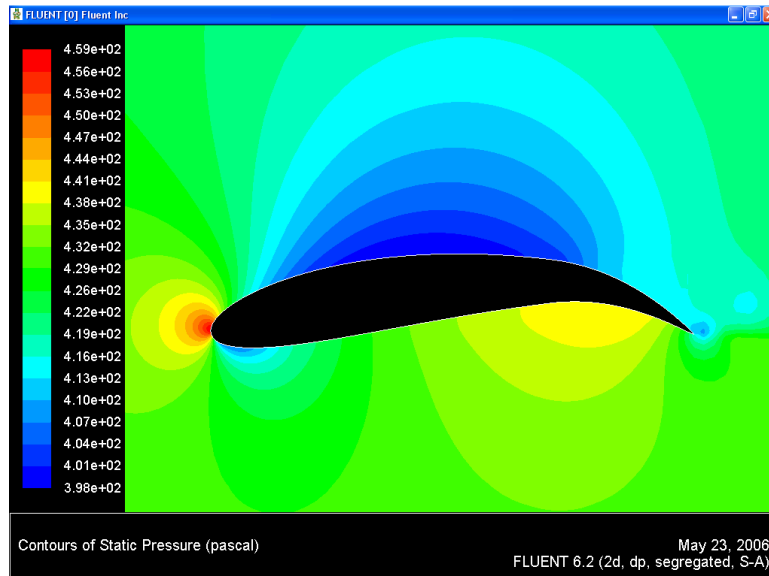
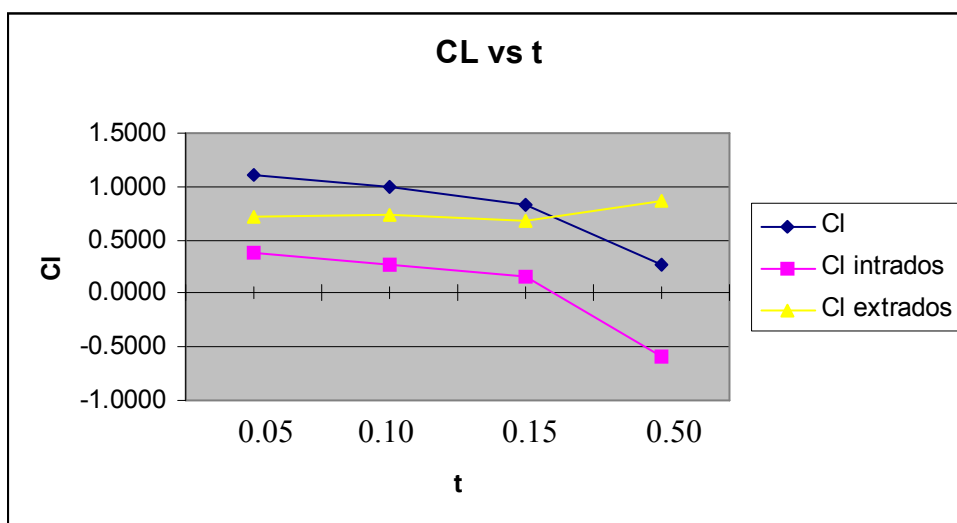
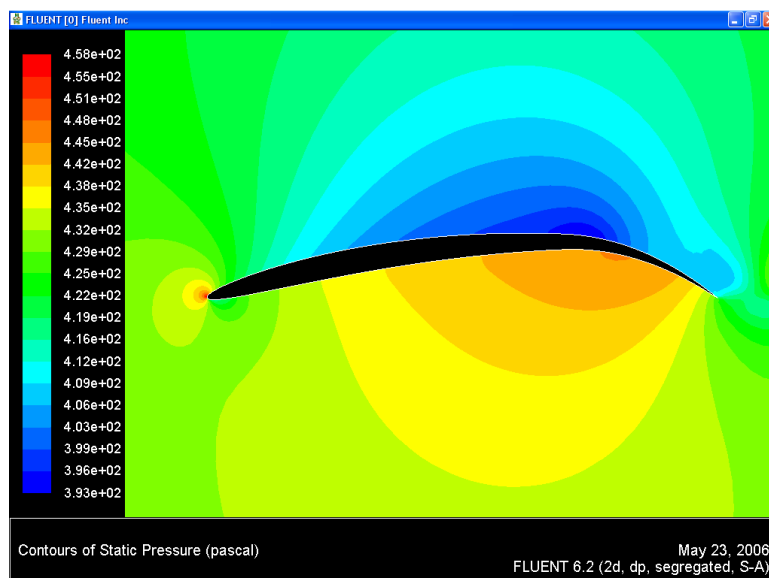


Figura 1.3.3. Es pot apreciar la pressió estàtica que apareix al caire d'atac d'un perfil de $t=0.15$ (dalt) en comparació d'un de $t=0.05$ (sota). També es veu que l'intradós del perfil de $t=0.15$ comença a crear baixes pressions sota seu.



Gràfica 1.3.4
Es pot apreciar la variació dels diversos CL en funció del gruix màxim.

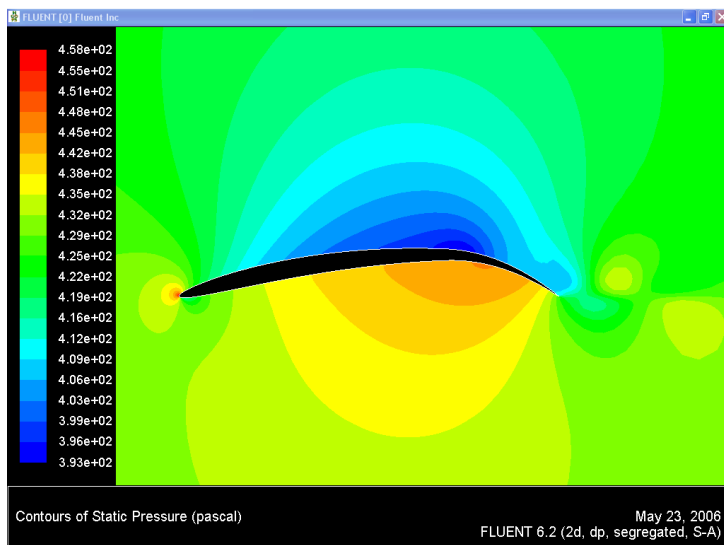
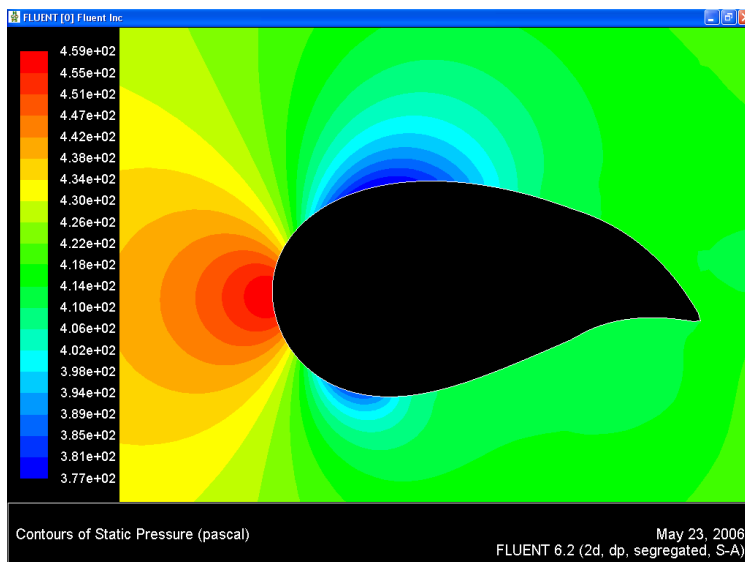


Figura 1.3.5. es pot observar un perfil de $p=0.05$ (dalt) on les baixes pressions estan situades més al caire de sortida. En la imatge de sota, tenim un perfil de $p=0.5$, i les baixes pressions s'han desplaçat al caire d'atac.



1.4. Resultats de les simulacions amb valors de $m=0.11$, $p=0.4$ i t variable

Posició del gruix màxim	Cl
0.30	0.7946
0.40	0.8484
0.50	0.9576

Posició del gruix màxim	Cd
0.30	0.0481
0.40	0.0466
0.50	0.0444

Posició del gruix màxim	$Cm_{c/4}$
0.30	0.1782
0.40	0.2137
0.50	0.2658

Taules 1.4.1. Taules obtingues a partir del gruix màxim

1.5 Powered lift

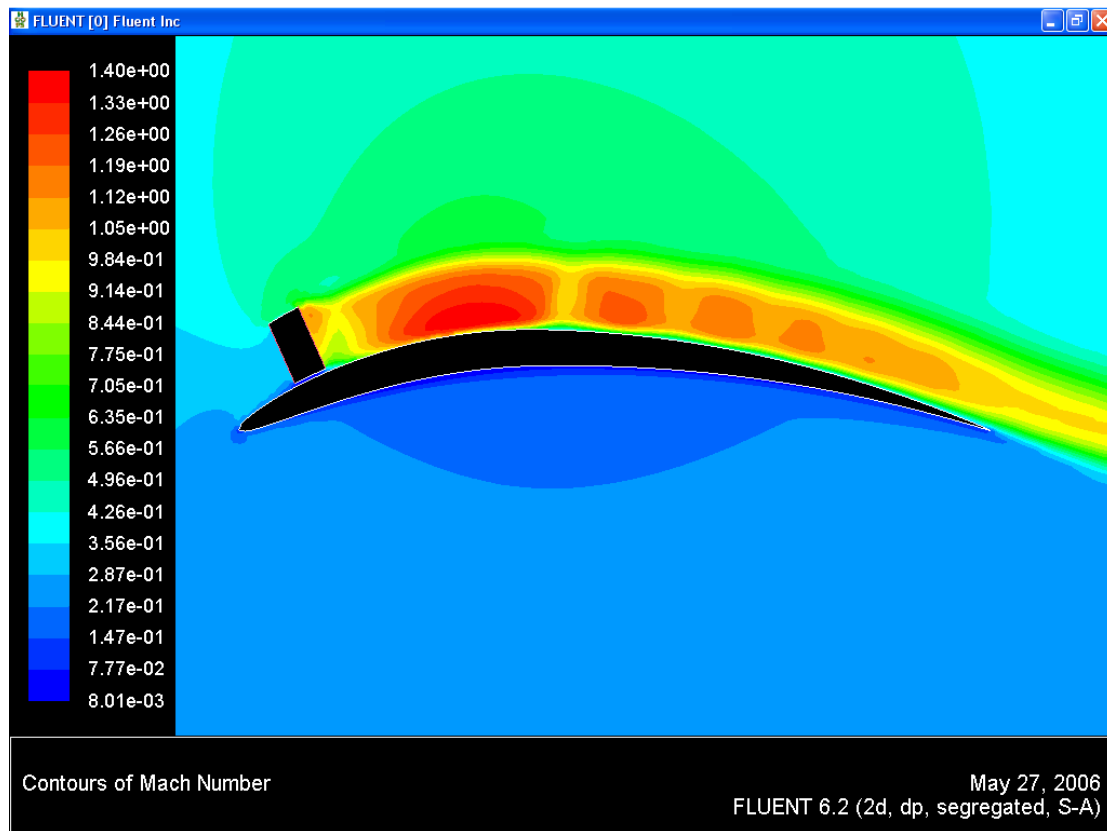


Figura 1.5.1. Es pot apreciar un perfil alar amb un accelerador que augmenta l'aire del extradós.

CI	Cd	Cm _{c/4}	Velocitat (M)	Angle de sortida (°)	Gruix (%c)	Llargada (%c)	Altura (%c)	Distància respecte caire atac (%c)
No convergeix	No convergeix	No convergeix	1.00	70.00	10.00	5.00	0.50	1.00
No convergeix	No convergeix	No convergeix	1.00	30.00	10.00	5.00	0.50	1.00
No convergeix	No convergeix	No convergeix	1.00	25.00	10.00	5.00	0.50	1.00
0.4788	0.2120	0.2514	0.90	-40.00	10.00	5.00	5.00	1.00
0.8124	0.1010	0.2373	1.00	10.00	10.00	5.00	10.00	1.00
1.0476	0.0604	0.2575	0.80	0.00	0.50	5.00	0.50	10.00
1.1659	0.0636	0.2736	1.00	15.00	5.00	5.00	0.50	1.00
1.5510	0.2695	0.5272	0.90	-20.00	10.00	5.00	5.00	1.00
1.9860	0.1569	0.5187	0.80	0.00	10.00	5.00	0.50	10.00
2.1490	0.1974	0.5760	0.80	0.00	10.00	5.00	0.50	1.00
2.4755	0.1008	0.5637	0.80	15.00	10.00	5.00	0.50	1.00
2.4926	0.3622	0.7630	1.00	-10.00	10.00	5.00	0.50	1.00
2.6753	0.0747	0.5614	0.80	15.00	15.00	30.00	0.50	1.00
2.7795	0.3095	0.7609	1.00	0.00	10.00	5.00	0.00	1.00
2.8600	0.3016	0.7974	1.00	0.00	10.00	5.00	0.50	1.00
2.8652	0.1231	0.6566	0.90	15.00	10.00	5.00	0.50	1.00
2.9482	0.1593	0.7203	1.00	10.00	10.00	5.00	0.50	10.00
2.9889	0.0852	0.6308	0.85	15.00	15.00	30.00	0.50	1.00
3.0328	0.2587	0.8005	1.00	5.00	10.00	5.00	0.50	1.00
3.1177	0.2169	0.7754	1.00	10.00	10.00	5.00	0.50	1.00
3.1330	0.4540	0.8380	5.00	0.00	0.50	5.00	0.50	10.00
3.2346	0.1726	0.7795	0.90	10.00	10.00	15.00	0.50	1.00
3.2913	0.1018	0.7012	1.00	15.00	15.00	30.00	0.50	1.00
3.3281	0.1457	0.7745	1.00	15.00	10.00	5.00	0.50	1.00

Taula 1.5.2 Dades obtingudes a partir de les diferents simulacions. La casella groga ens mostra les característiques del perfil escollit. Les unitats de mesura estan en tan per cent de la corda.

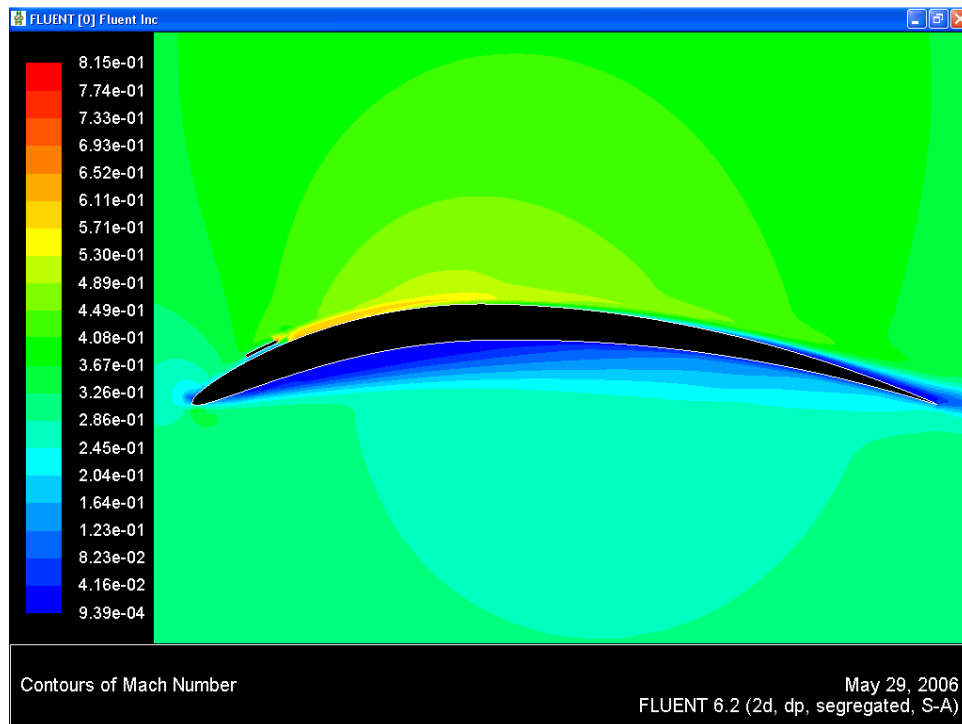
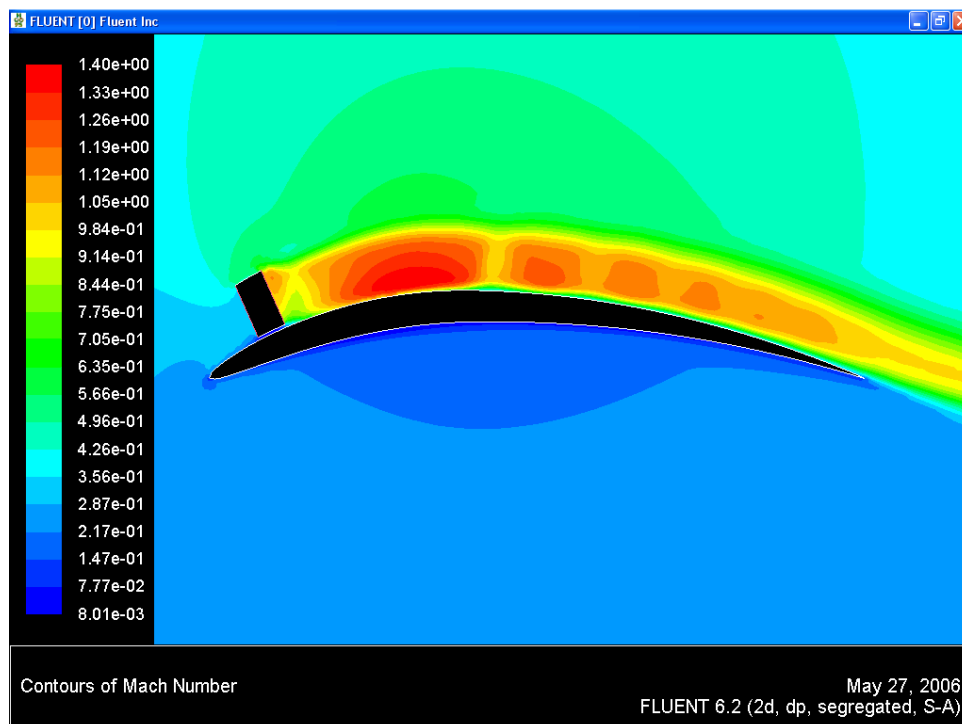


Figura 1.5.3. Es pot apreciar un perfil amb un accelerador de gruix 0.5%c. Si es compara amb la imatge de sota (gruix 10%c), s'aprecia les majors velocitats a mesura que s'augmenta el gruix. També es pot veure en les dues imatges, com la velocitat del flux accelerat disminueix a mesura que s'allunya del accelerador.



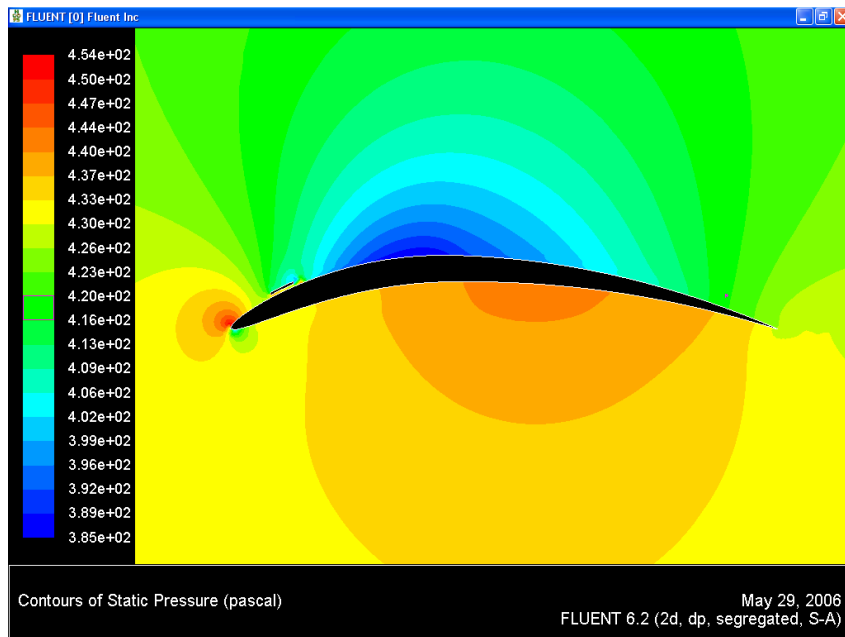
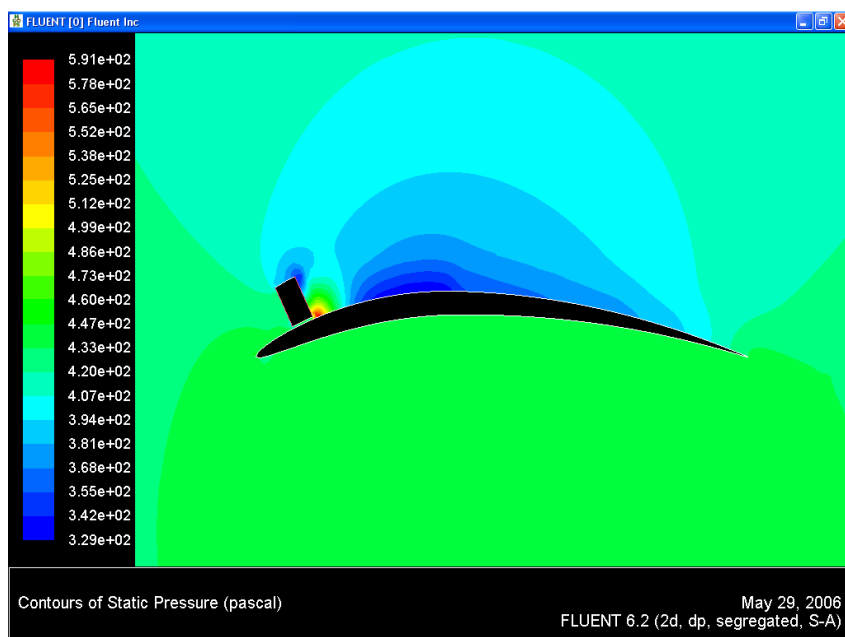


Figura 1.5.4. En la imatge de dalt tenim un gruix del 0.5%c, mentre que en la de sota del 10%c. En la primera tenim unes pressions més baixes al caire d'atac del intradós, que en la segona.



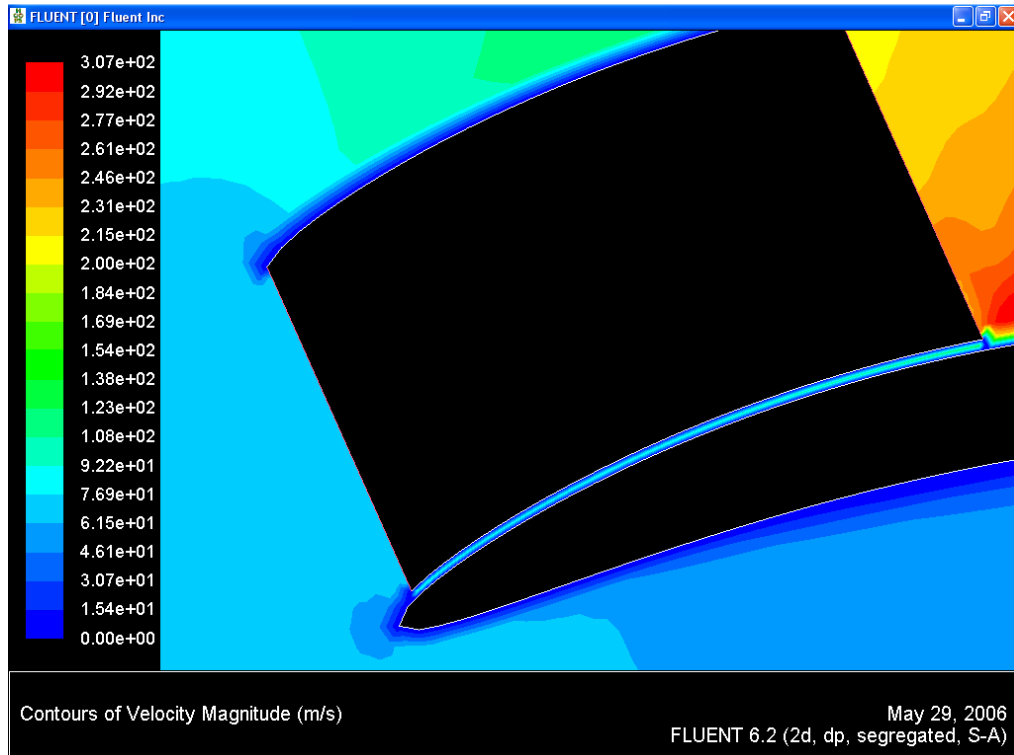


Figura 1.5.5 Es pot apreciar com la part inferior del accelerador s'aconsegueixen unes velocitats lleugerament més altes que en la superior.

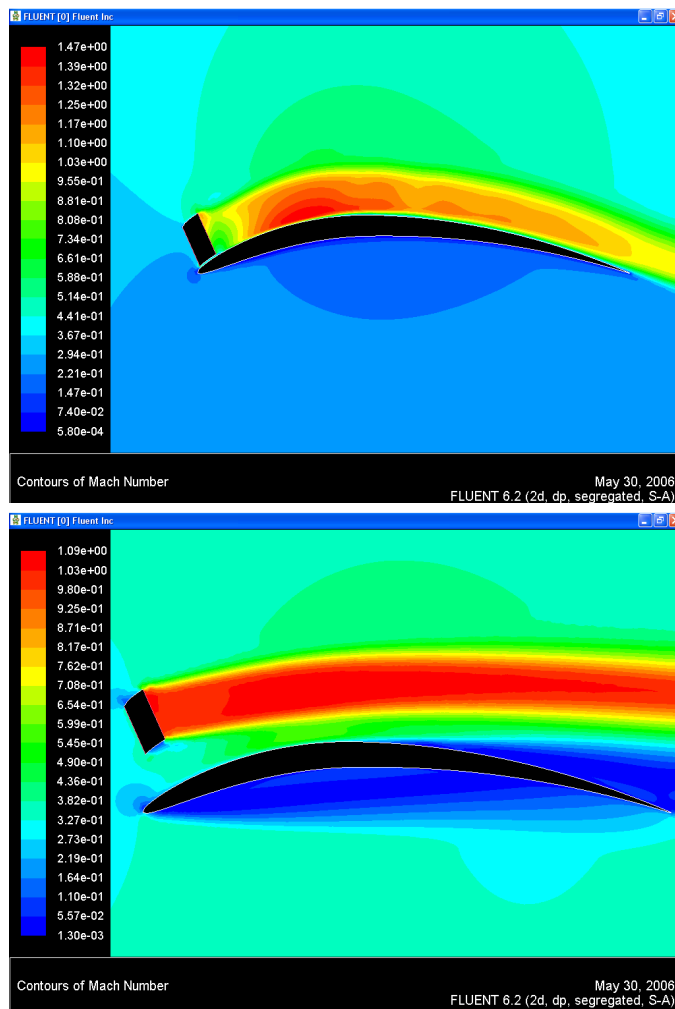


Figura 1.5.6 En aquestes dues imatges es veu clarament la influència de l'altura. En la de dalt està a un 0.5% c dalt respecte la perpendicular del extradós, mentre que la de sota es troba a un 10% c.

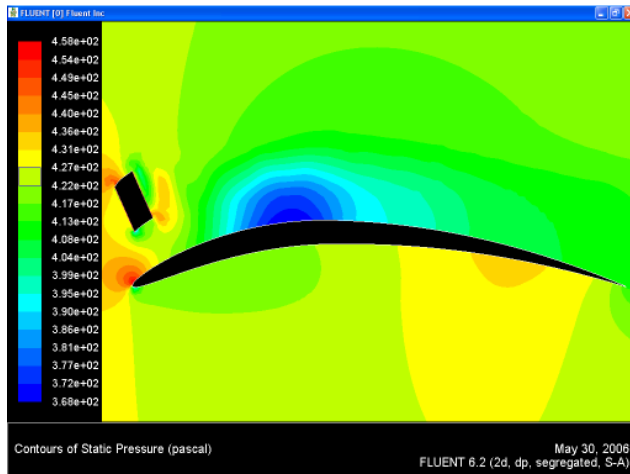


Figura 1.5.7. En la imatge de dalt es troba l'accelerador a 10%*c*, la de sota està a 0.5%*c*. Es pot apreciar una zona de baixes (blau fort) pressions més grans en el segon cas.

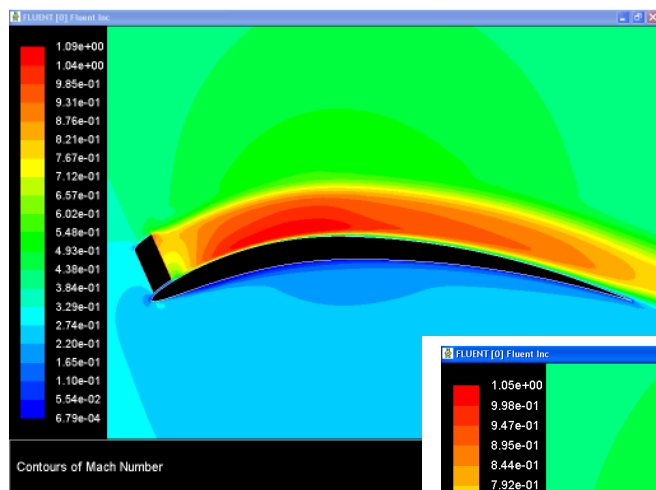
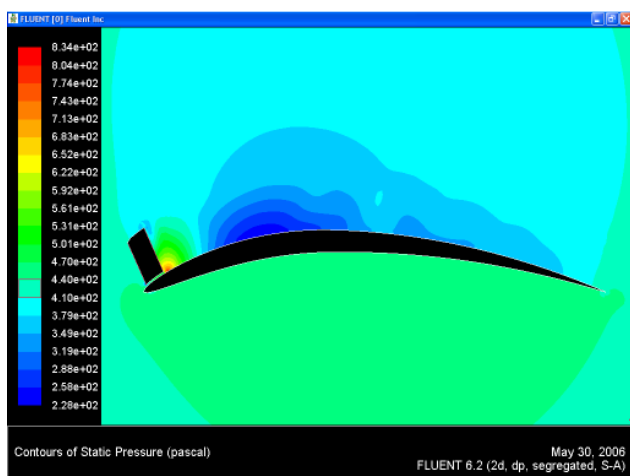
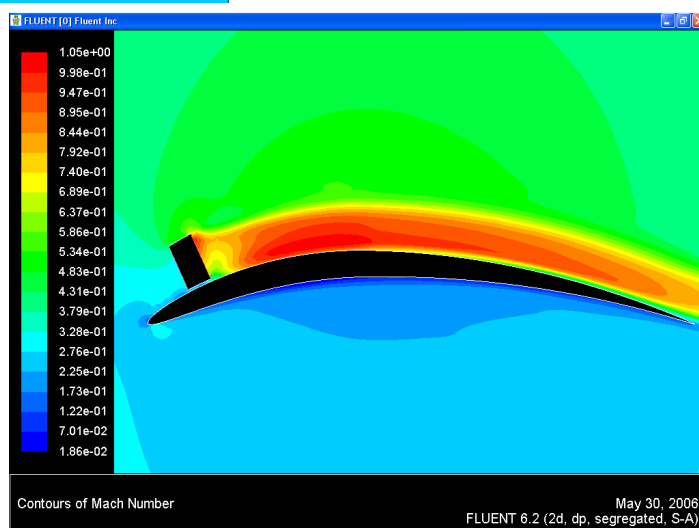


Figura 1.5.8 En la imatge de dalt es mostra un perfil amb una accelerador de 1%*c* de distància del caire d'atac, en la de sota la distància és del 10%*c*. Es pot veure com el flux accelerat recorre més part del perfil el en primer cas.



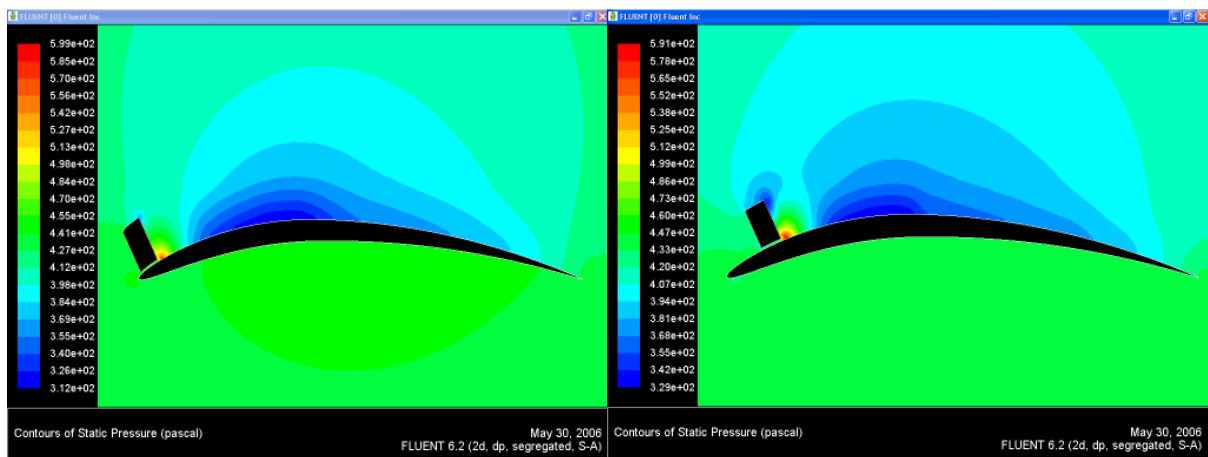
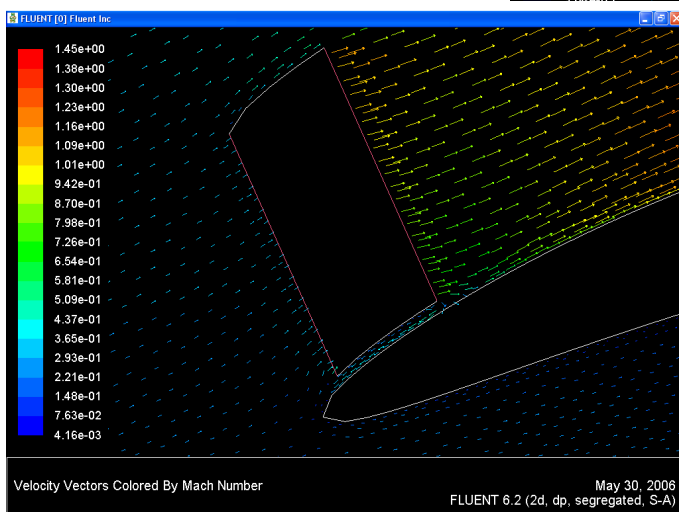
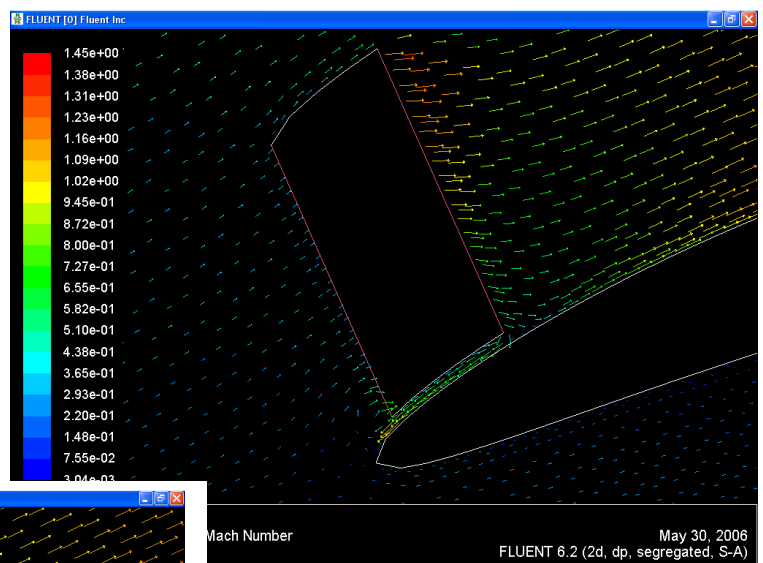


Figura 1.5.9. Es pot apreciar en el perfil superior, distància de l'accelerador a 1% del caire d'atac, com s'obté una zona de baixes pressions (blau fosc) lleugerament més grans que el de sota, la distància del qual és de 10%.

Figura 1.5.10 Es pot observar la sortida del flux accelerat amb un angle de 15° sota i un de 0° dreta.



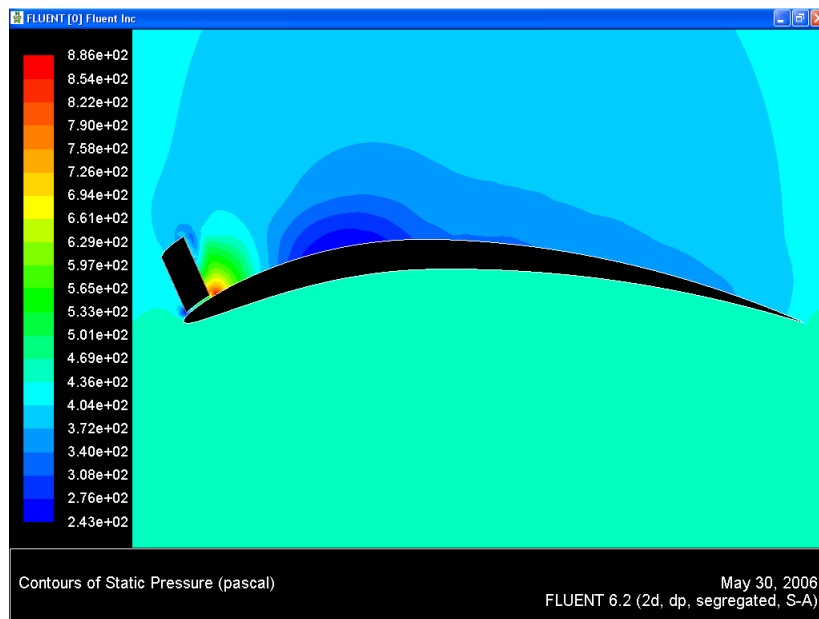
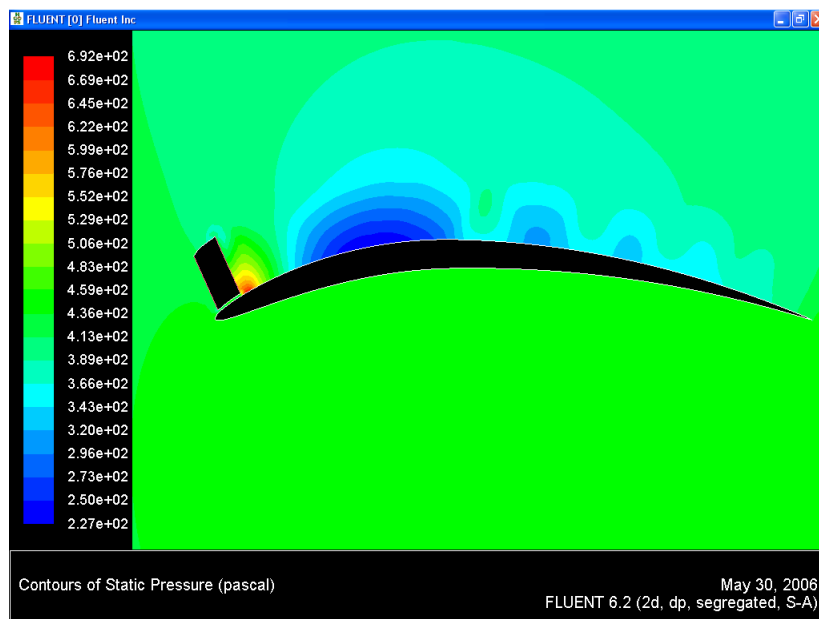


Figura 1.5.11 En aquesta imatge es veu la alta pressió després del accelerador. Per un angle de sortida de 0° obtenim unes pressions de 886 Pa, imatge de dalt. En canvi per un angle de 15° el valor és de 692 Pa, imatge de sota.



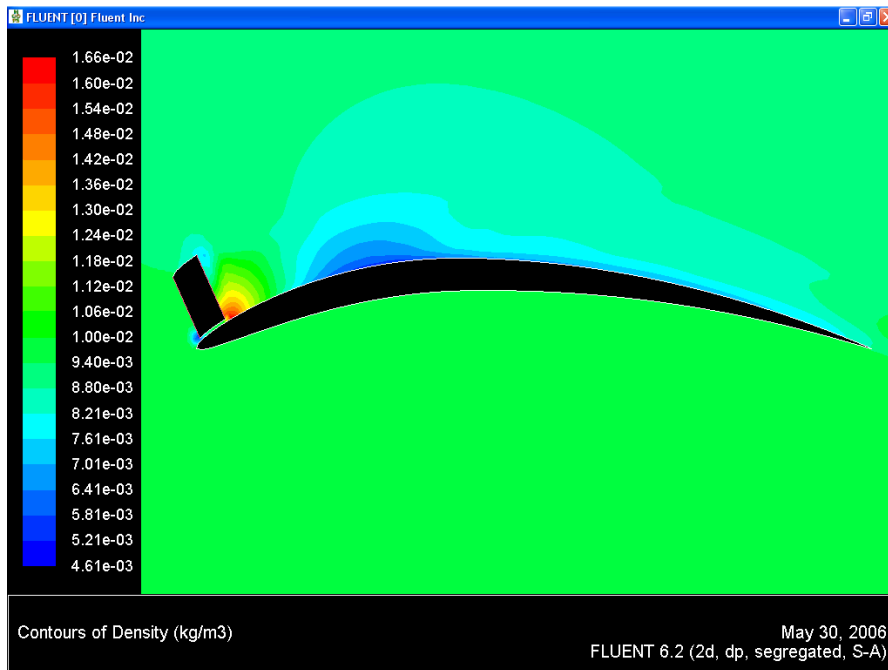
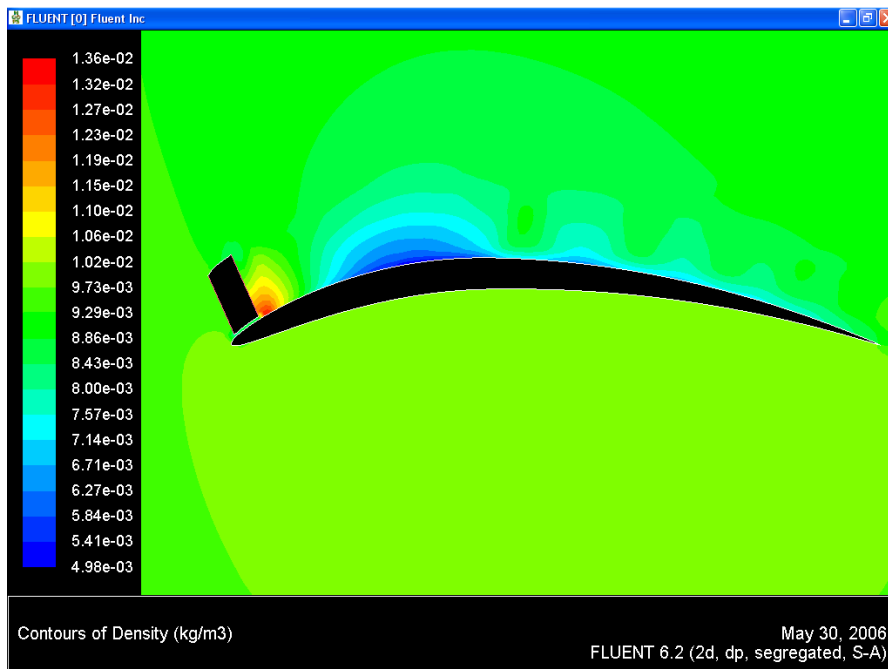


Figura 1.5.12. Les altes densitats, 1.66kg/m^3 corresponen a un angle de sortida de 0° , figura de dalt. En la segona figura, s'obtenen unes densitats màximes de 1.36kg/m^3 , amb un angle de sortida de 15°



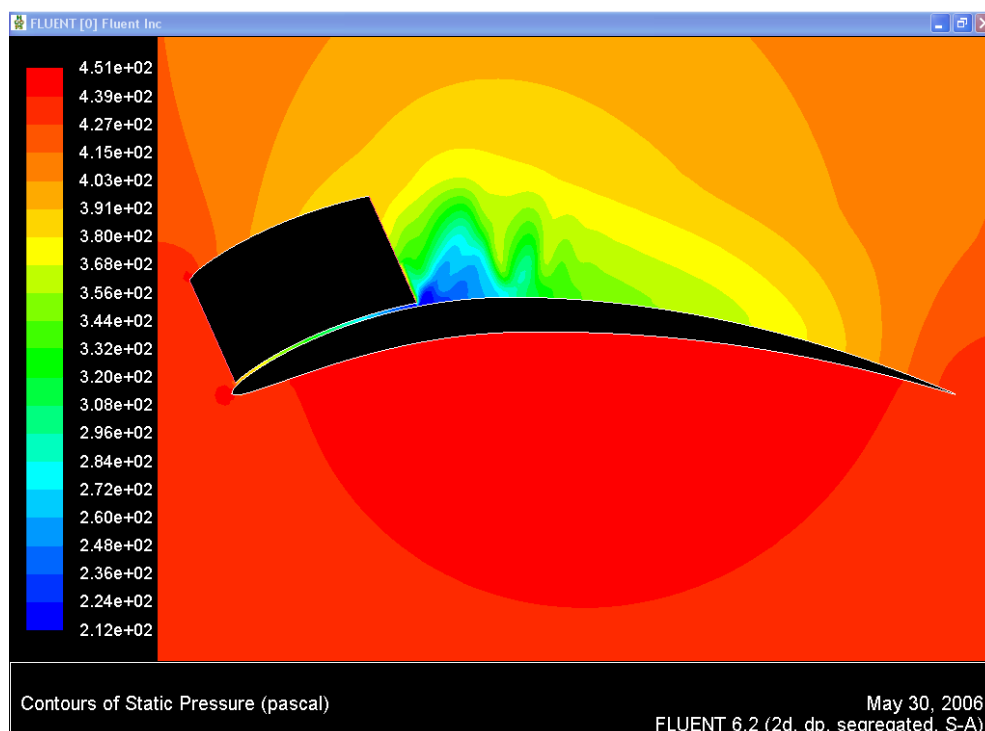
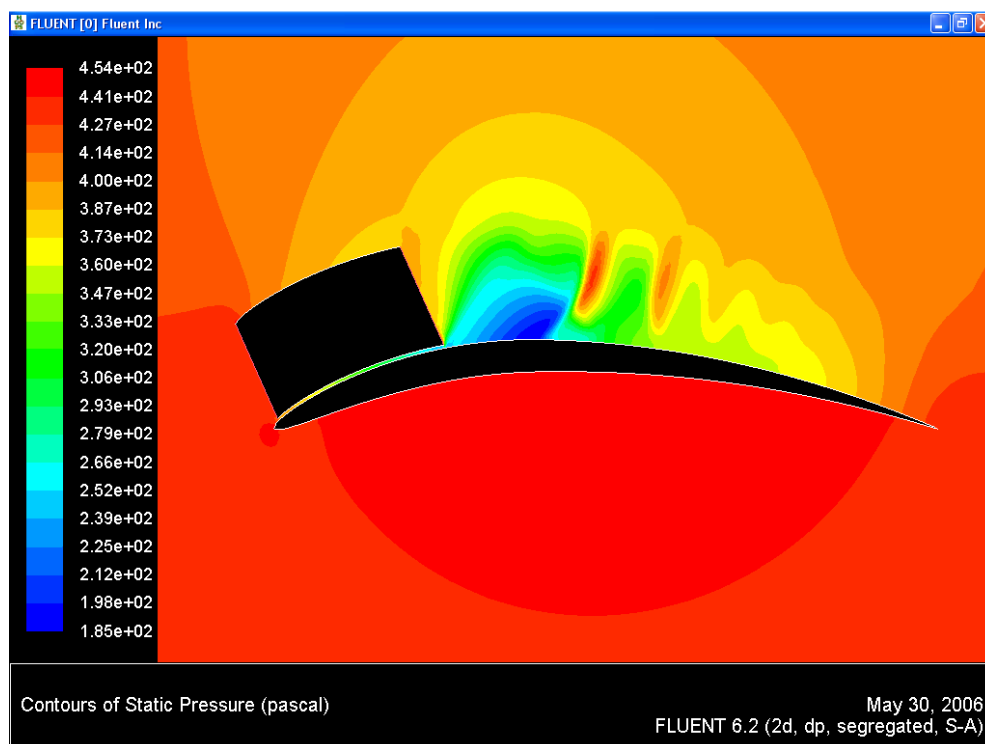


Figura 1.5.13 En aquesta imatge es pot veure un perfil on la velocitat de sortida és de 0.9 M, imatge de dalt; i un on la velocitat és de 0.8 M, imatge de sota. S'observa que en el primer perfil s'aconsegueixen pressions més baixes que en el segon. A més a més, la zona de baixes pressions és major en el primer perfil que en el segon, el qual fa incrementar el C_l , i en conseqüència el C_d , i el $C_{m_{c/4}}$.

1.6 El perfil final

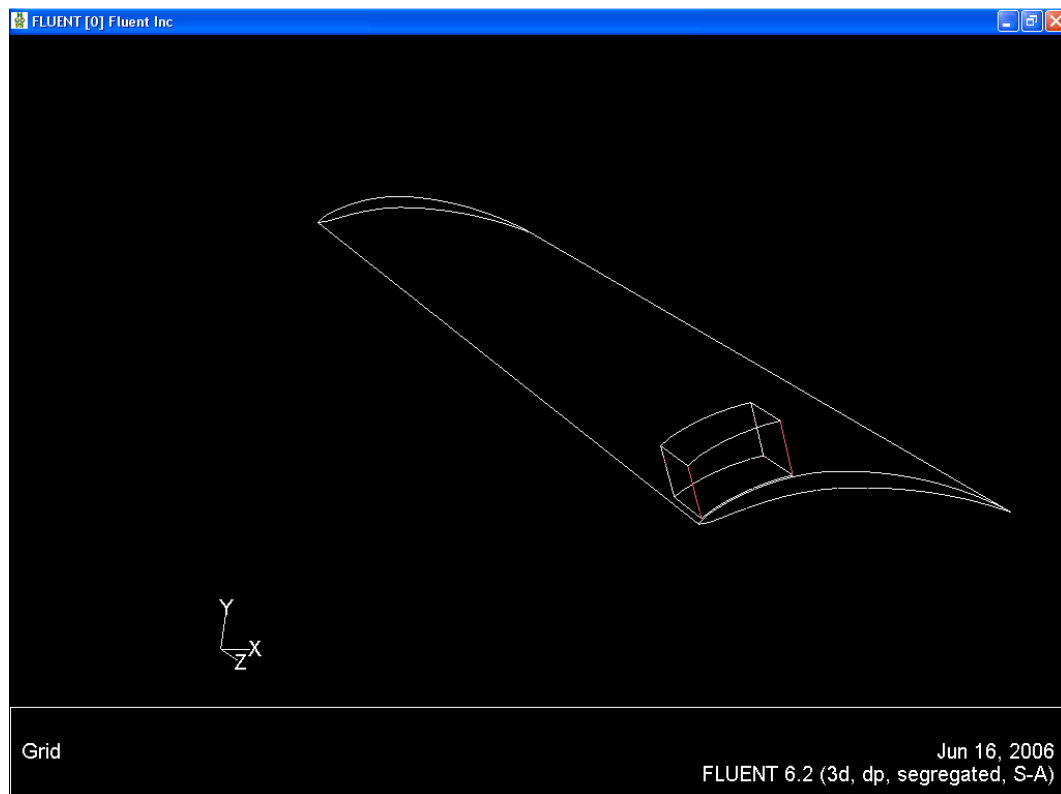


Figura 1.6.1 Es pot observar la forma del perfil en 3 dimenions.

Taules 1.6.2 Valors obtinguts en les simulacions

Angle d'atac	CI Re=60800 (5000m)	CI Re=86800 (1500m)	CI Re=99300 (0m)
-20.00	-1.1374	-1.1297	-1.1248
-10.00	0.0970	0.1118	0.1096
0.00	2.7847	2.8277	2.8450
5.00	4.4872	4.5520	4.5844
10.00	5.5675	5.6298	5.6530
15.00	5.4252	5.4863	5.5029
20.00	4.8240	4.8391	4.8415
25.00	4.3756	4.3760	4.3794
35.00	pèrdua	pèrdua	pèrdua

Angle d'atac	Cd Re=60800 (5000m)	Cd Re=86800 (1500m)	Cd Re=99300 (0m)
-20.00	0.9082	0.9033	0.9002
-10.00	0.4307	0.4269	0.4269
0.00	0.2707	0.2651	0.2634
5.00	0.4052	0.3968	0.3943
10.00	0.6226	0.6220	0.6219
15.00	0.8686	0.8664	0.8655
20.00	1.2766	1.2810	1.2825
25.00	1.7499	1.7492	1.7457
35.00	pèrdua	pèrdua	pèrdua

Angle d'atac	Cm _{c/4} Re=60800 (5000m)	Cm _{c/4} Re=86800 (1500m)	Cm _{c/4} Re=99300 (0m)
-20.00	0.1698	0.1714	0.1717
-10.00	0.3307	0.3320	0.3330
0.00	0.7977	0.8084	0.8131
5.00	0.9221	0.9345	0.9399
10.00	0.8926	0.9038	0.9085
15.00	0.7629	0.7672	0.7687
20.00	0.7810	0.7876	0.7898
25.00	0.8532	0.8553	0.8531
35.00	pèrdua	pèrdua	pèrdua

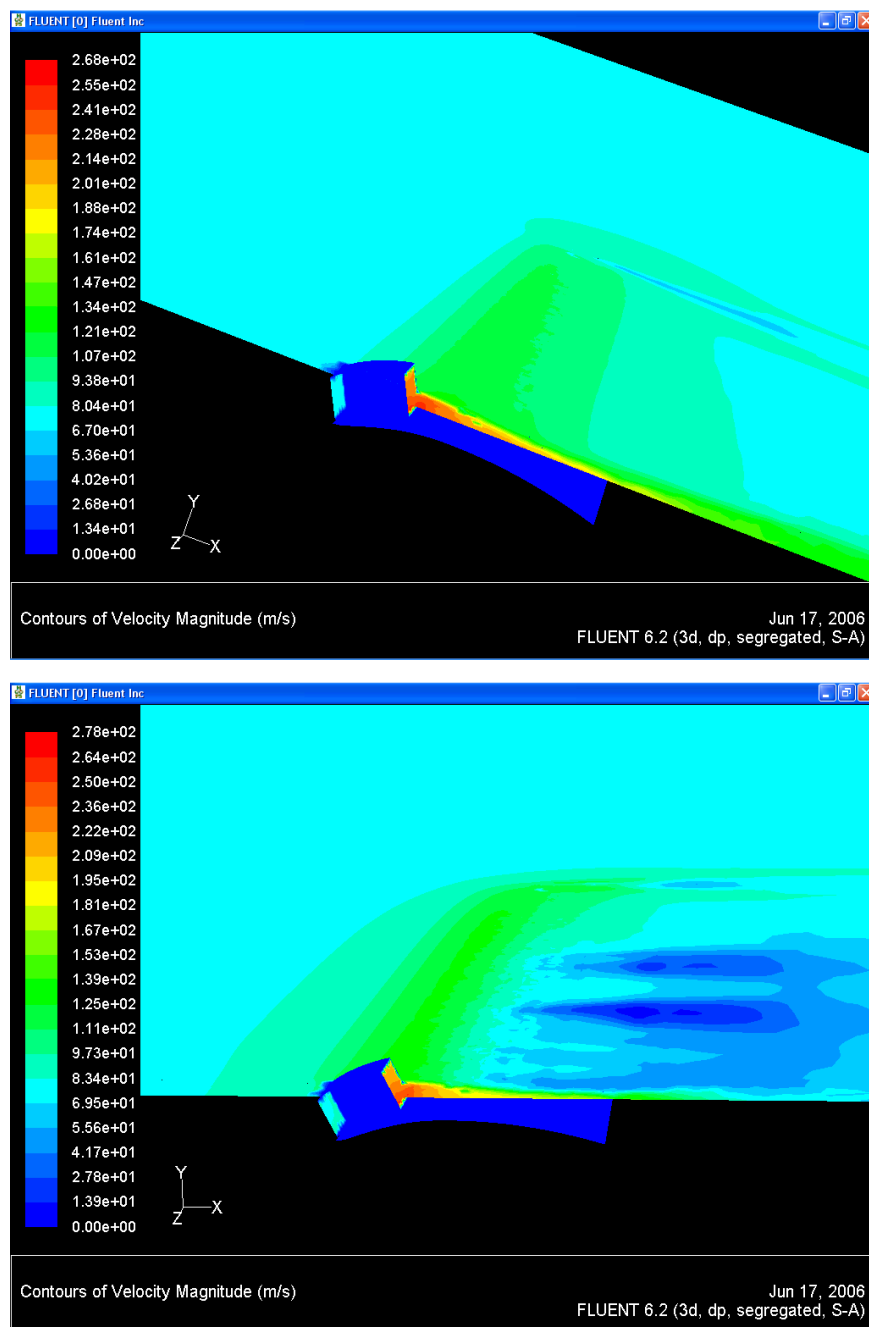


Figura 1.6.3 En la imatge de dalt s'observa el perfil a 1500m i amb un angle d'atac de 0°. En la de sota el mateix perfil però amb un angle d'atac de 15°(destacar que en les simulacions no s'inclina el `perfil sinó que es varia la direcció del flux). Es pot observar que s'aconsegueixen velocitats més altes pel perfil de sota. Tot i que la velocitat de sortida del accelerador és menor, de fet és de 0.846M per 0° i 0.817M pel de 15°. També podem apreciar on finalitza l'ala, el punt on la velocitat no es veu modificada.

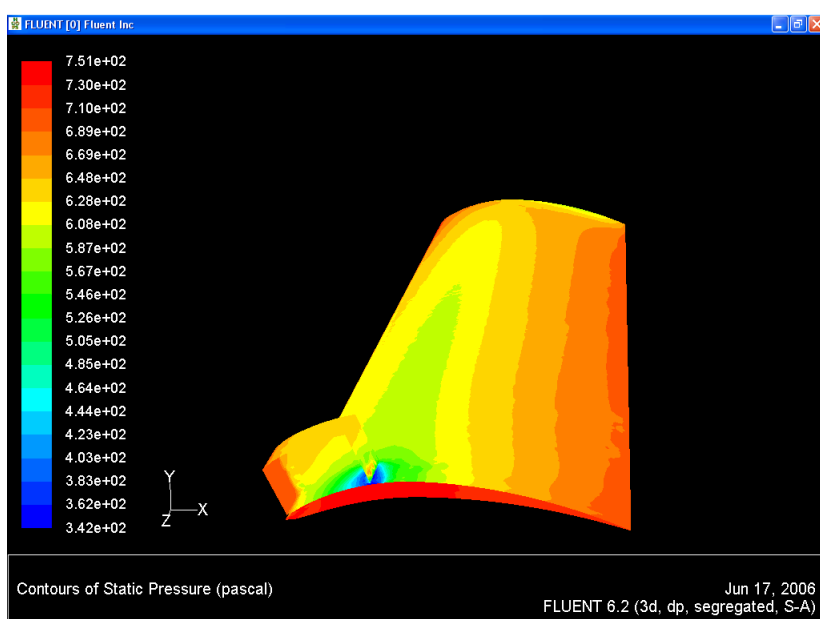
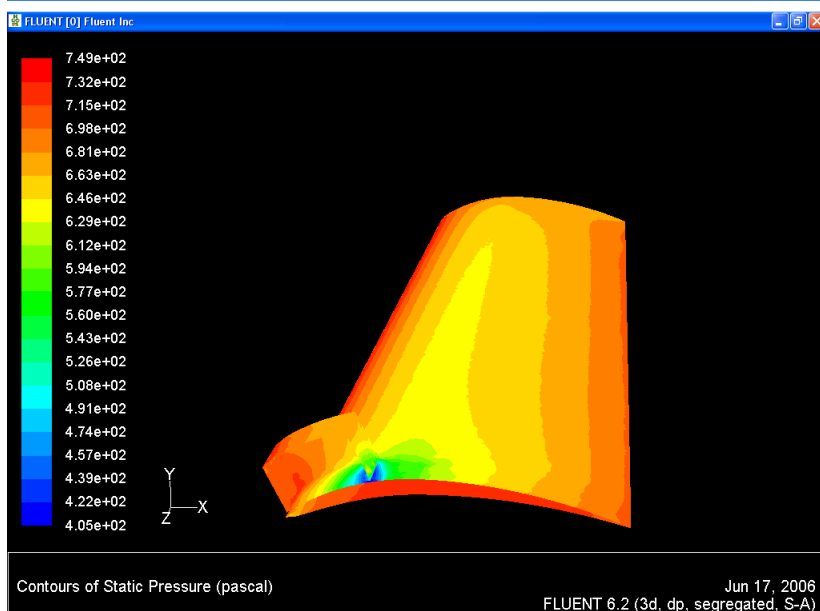
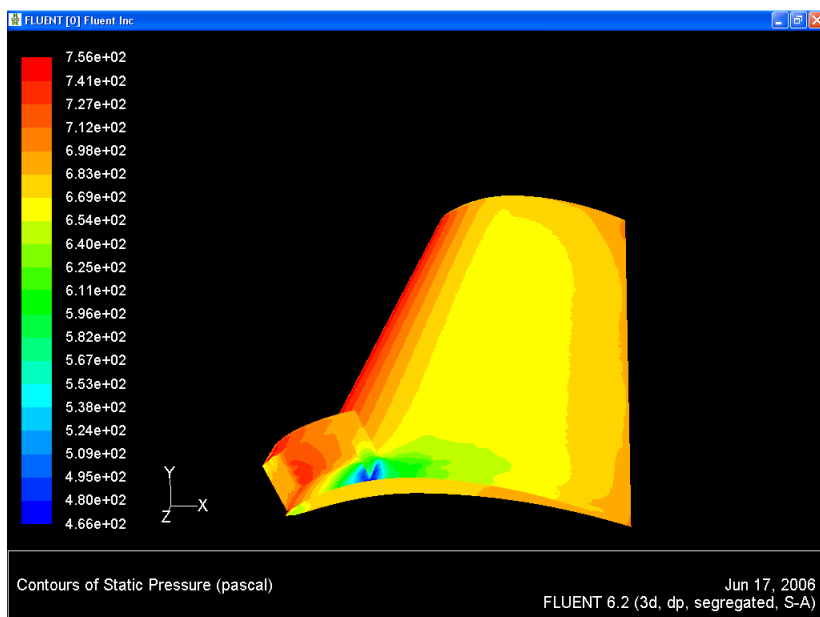


Figura 1.6.4 Podem observar tres imatges diferents, la de dalt correspon a una ala amb un angle d'atac de -10° i a una altura de 0m; la del mig té un α de 0° ; i la de sota de 10° . En aquestes es pot apreciar la pressió estàtica just sobre l'ala.

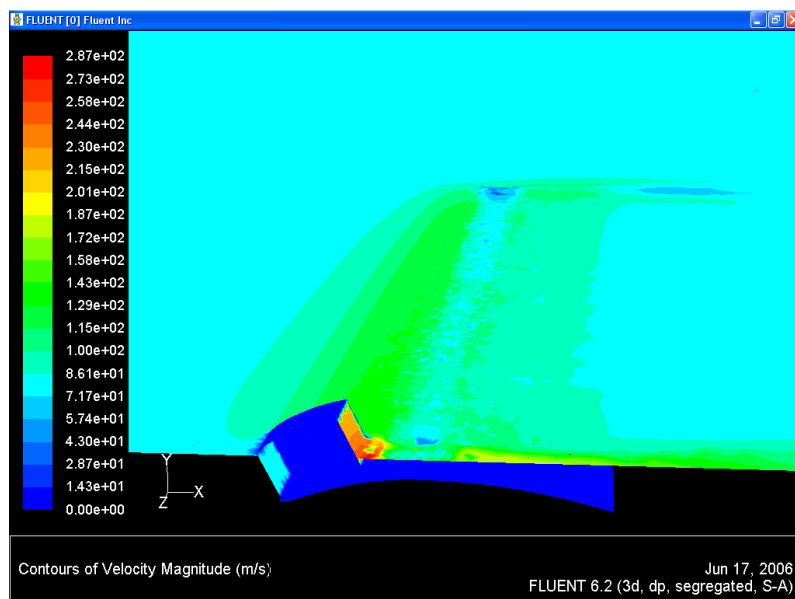
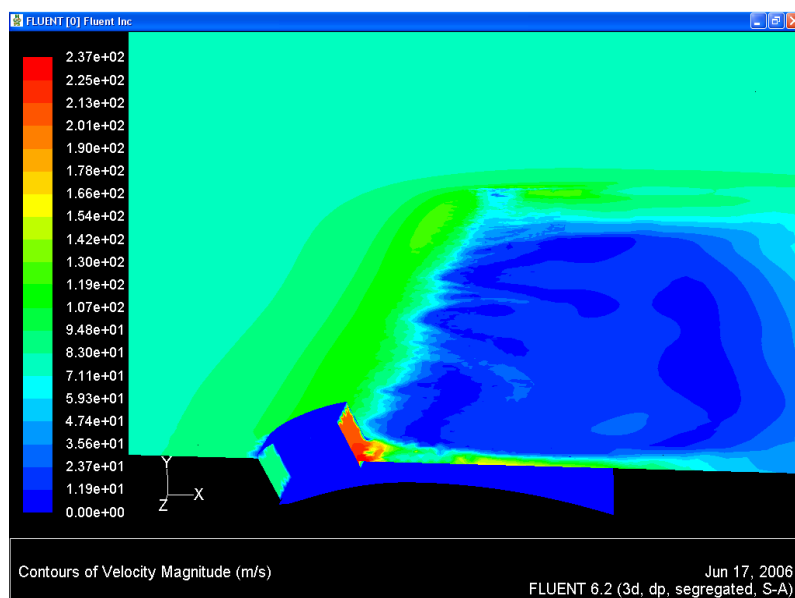
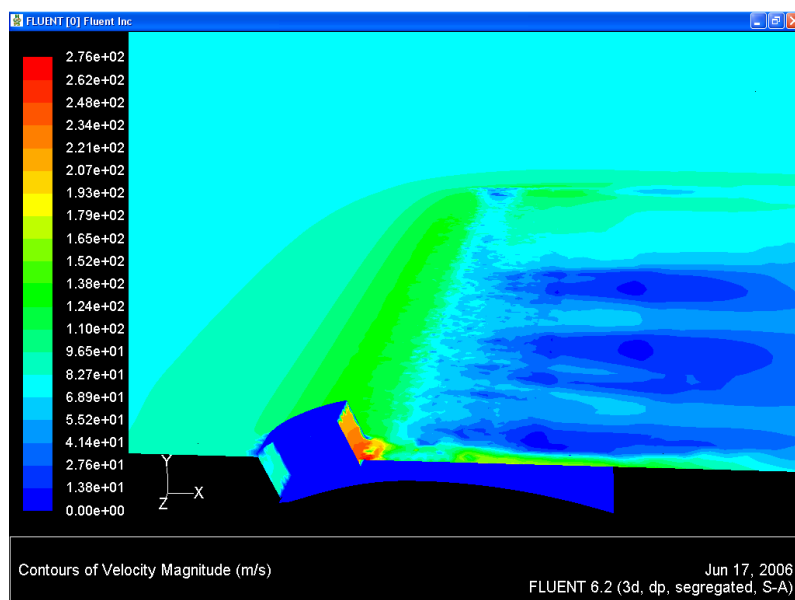


Figura 1.6.5
Comportament de
la velocitat en
diferents angles
d'atac. La primera
imatge correspon a
l'ala a 5000m i amb
un angle de 10°, el
segon és de 15°, 20°
pel tercer i 25° pel
quart, següent
pàgina.

En aquestes imatges es pot veure com es separa la capa límit (zona blava) comença per uns certs punts fins que es separa de tota l'ala



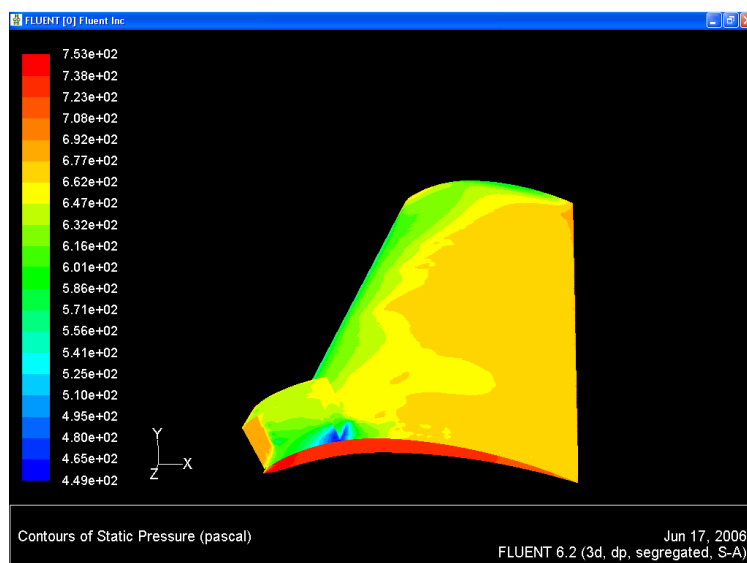
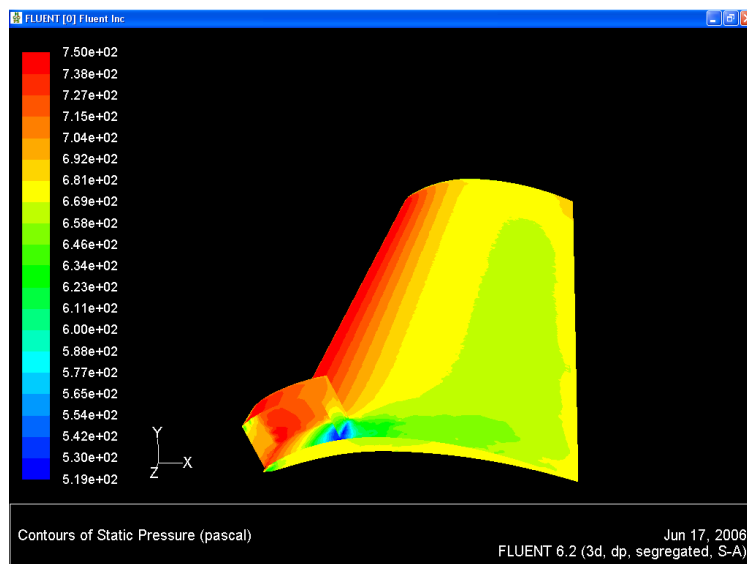
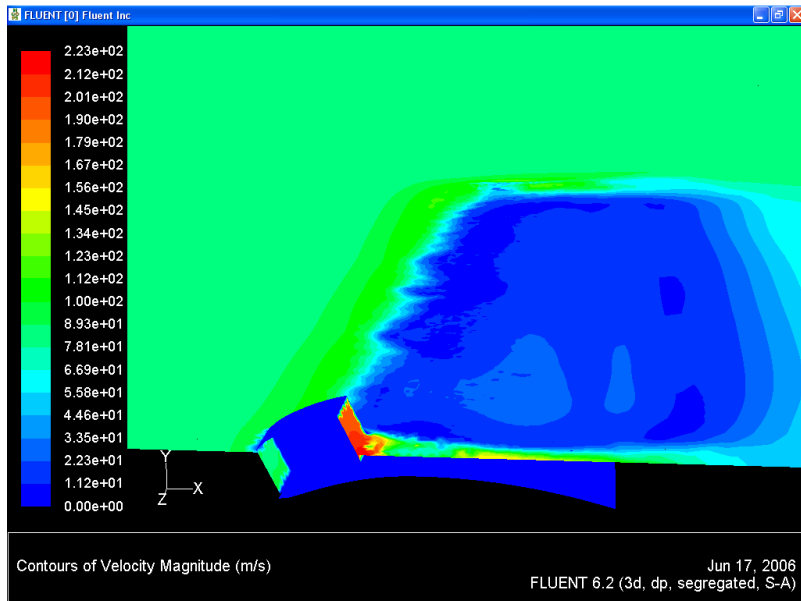


Figura 1.6.6 Podem observar la forta pressió estàtica que s'aconsegueix al caire d'atac de la imatge superior, la qual correspon a una ala a 0m i amb un angle d'atac de -20° . Podem comparar-ho amb la imatge de sota una ala amb un α de 20°

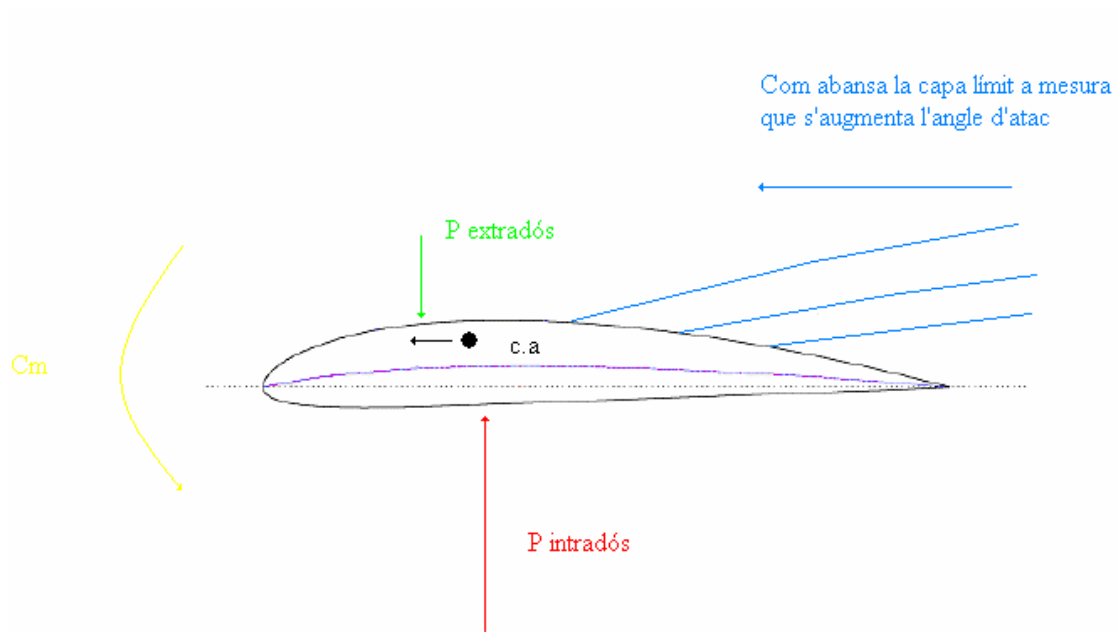


Figura 1.6.7 Esquema de com es disminueix el $C_{m_{c/4}}$

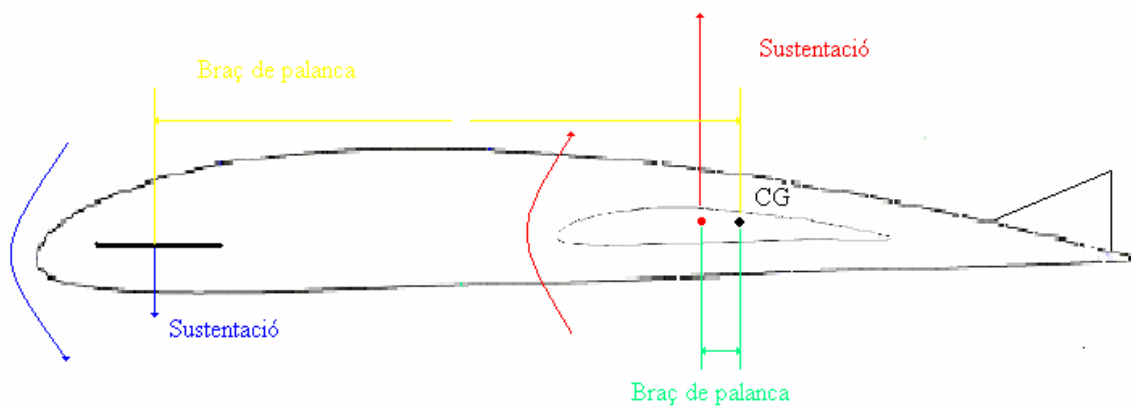


Figura 1.6.8 Configuració canard. Tot hi que la superfície de control faci menys sustentació negativa, el braç de palanca és major.

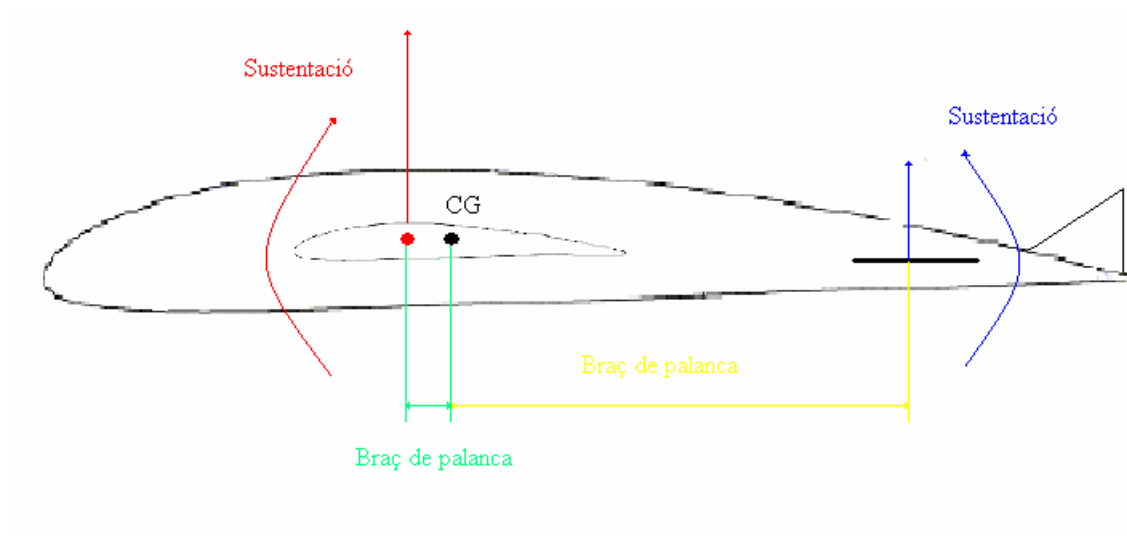


Figura 1.6.9 Configuració convencional. El braç de palanca de la superfície de control és menor que en el cas del canard, per tant caldrà més sustentació d'aquesta.

2. Característiques de l'atmosfera marciana

	Mart	Terra	Terra/Mart
Massa (10^{24} kg)	0.642	5.974	9.31
Volum (10^{10} km ³)	16.36	108.32	6.62
Radi equatorial (km)	3397	6378	1.88
Densitat mitjana (kg/m ³)	3933	5515	1.40
Gravetat a la superfície (m/s ²)	3.71	9.8	2.64
Velocitat d'escapament (km/s)	5.03	11.19	2.22
Radiació solar (w/m ²)	589.2	1367.6	2.32
Constant dels gasos (J/kg·K)	189	287	1.52
Pressió a nivell del mar (kPa)	0.699	101.325	144.96
Densitat a nivell del mar (kg/m ³)	0.015	1.225	81.67
Temperatura de nivell del mar (K)	210	288	1.37
Velocitat del so nivell del mar (m/s)	227.77	340	1.49
Viscositat (kg/m·s)	8.16E-06	1.73E-05	2.12
Calor específic (C _p) (j/kg·k)	831	1006.43	1.21
Conductivitat tèrmica (w/m·k)	0.0145	0.0242	1.67
Pes molecular (g/mol)	44.01	28.96	0.66

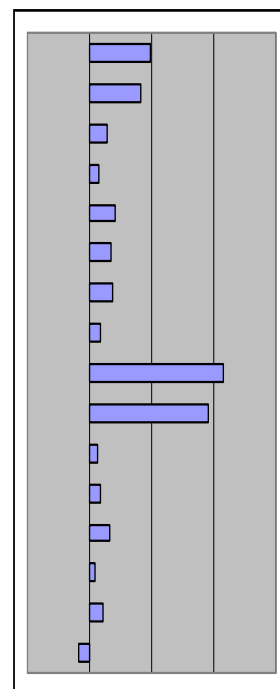


Figura 2.1 Taula comparativa d'algunes constants planetàries

	Mart	Terra
Diòxid de carboni	95.32%	350 (ppm)
Nitrogen	2.7%	78.084%
Argó	1.6%	9340 (ppm)
Oxigen	0.13%	20.946%
Monòxid de carboni	0.08%	-----
Vapor d'aigua	210 (ppm)	1%
Òxid de nitrogen	100 (ppm)	-----
Neó	2.5 (ppm)	18.18 (ppm)
Hidrogen- deuteri - oxigen	0.85(ppm)	-----
Criptó	0.3(ppm)	1.14 (ppm)
Xenó	0.08(ppm)	-----
Heli	-----	5.24 (ppm)
Metà	-----	1.7 (ppm)
Hidrogen	-----	0.55(ppm)

Taula 2.2 Taula comparativa dels gasos de l'atmosfera marciana amb la terrestre.

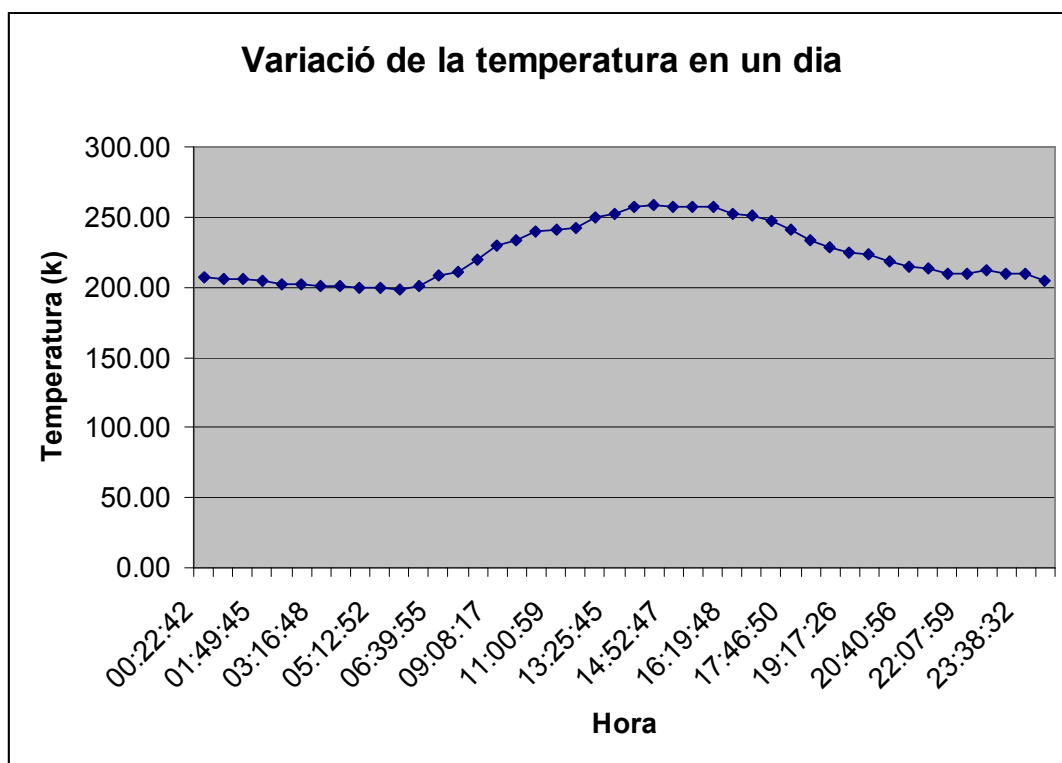


Figura 2.3. Variació de la temperatura en un dia.
Dades extretes de la Pathfinder (mesures 1 m de la superfície a l'hemisferi nord)

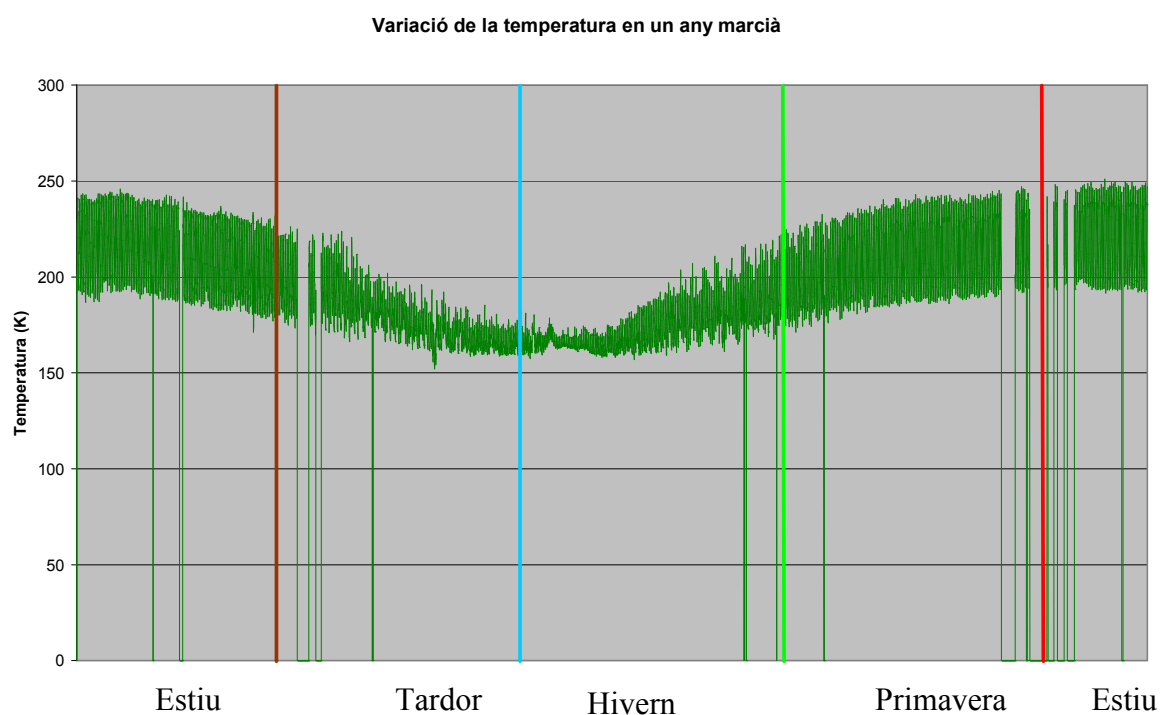


Figura 2.4 Variació de la temperatura en un any marcià.
Dades extretes de la Viking II, hemisferi nord.

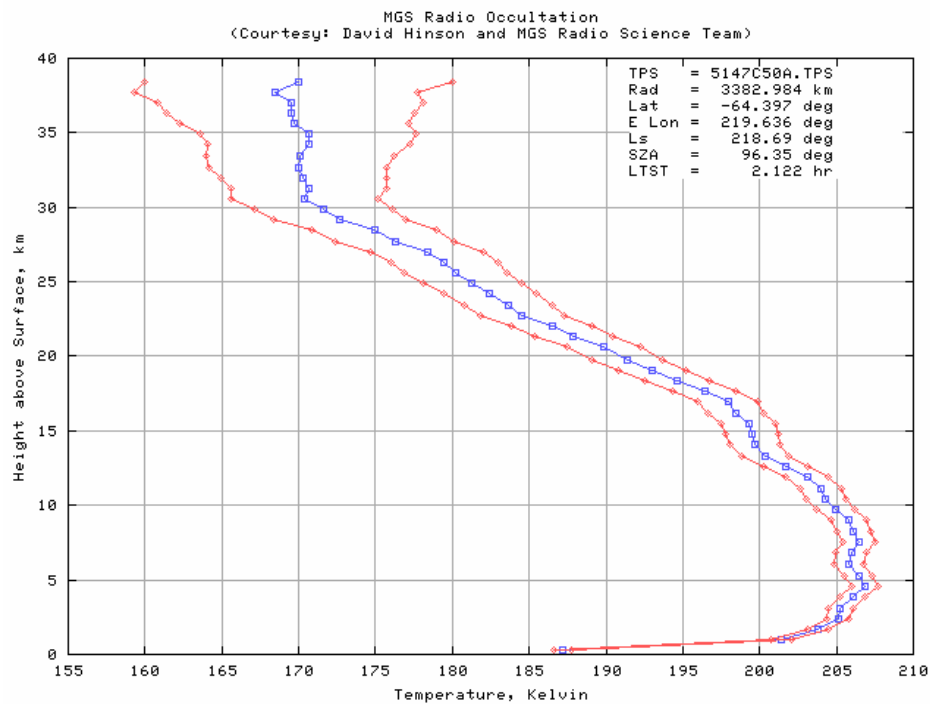


Figura 2.5 Variació de la temperatura en la primavera en funció de l'altura, hemisferi sud. Dades extretes de la Mars Global Surveyor

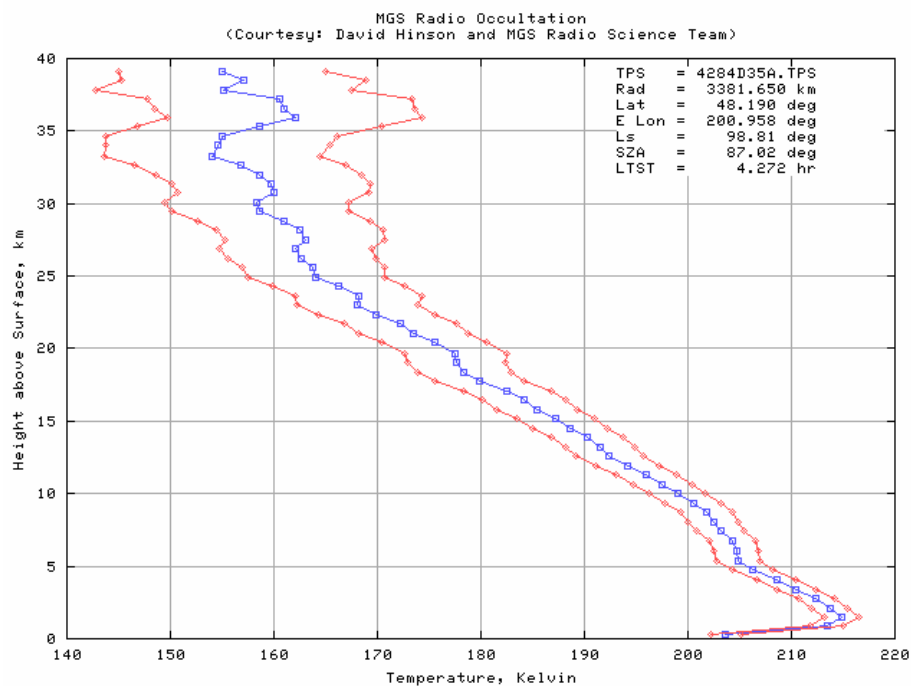


Figura 2.6 Variació de la temperatura en l'estiu en funció de l'altura hemisferi nord. Dades extretes de la Mars Global Surveyor

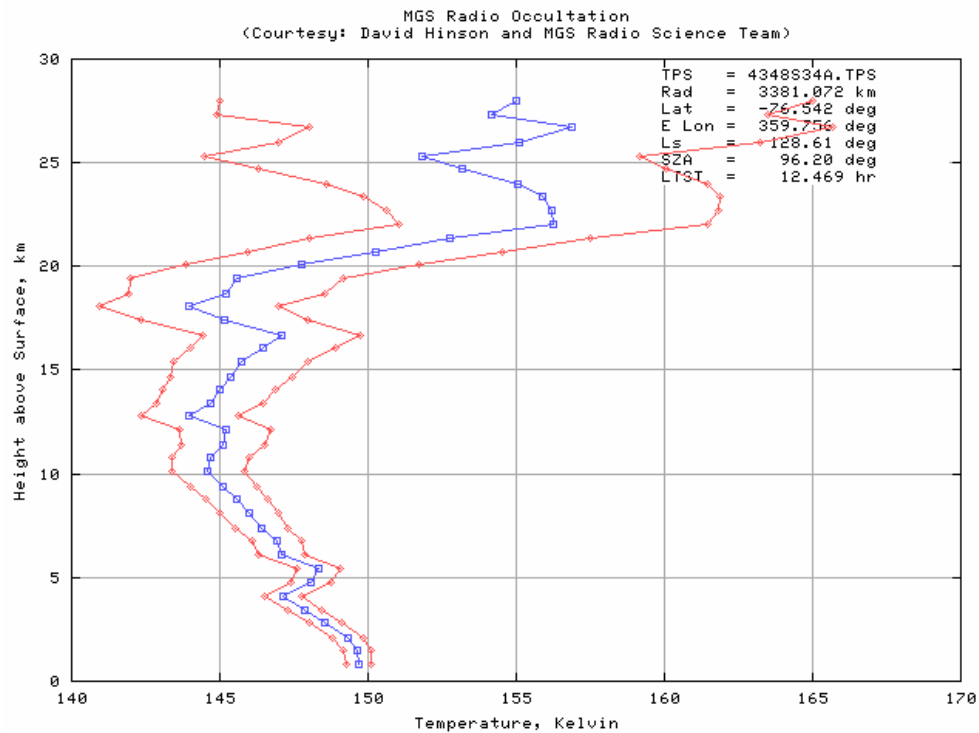


Figura 2.7 Variació de la temperatura en funció de l'altura a l'hivern, hemisferi sud. Dades extretes de la Mars Global Surveyor

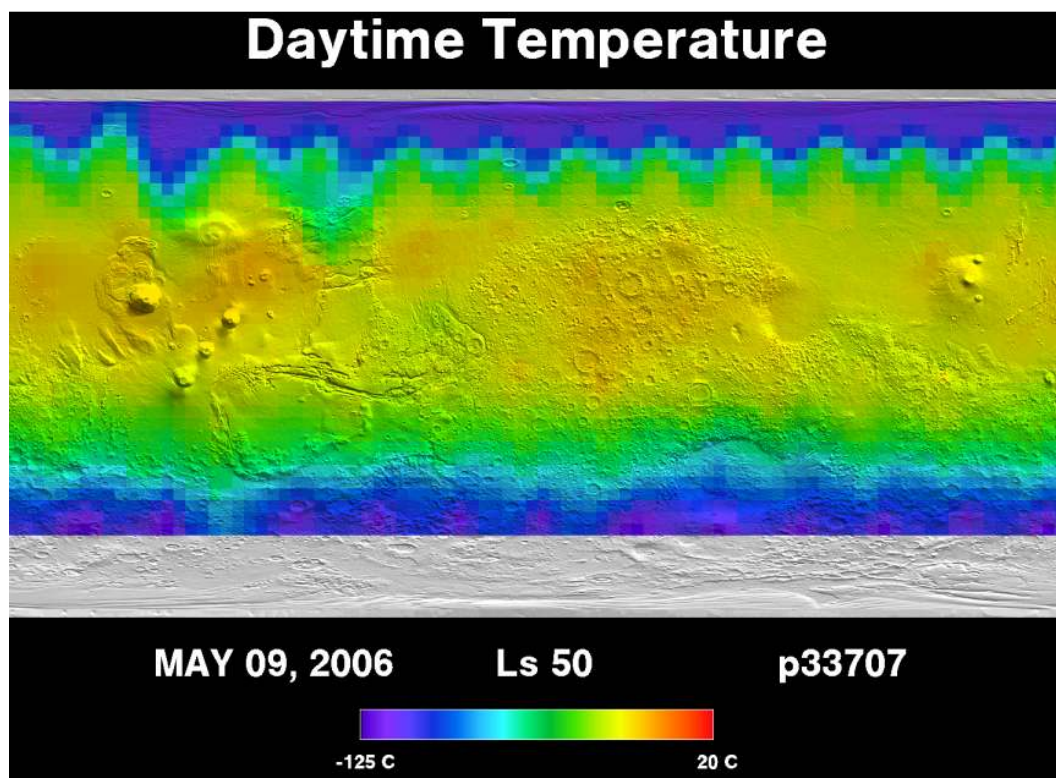


Figura 2.8. Variació de la temperatura en funció de la latitud i longitud. Dades extretes de la Mars Global Surveyor, Thermal Emission Spectrometer

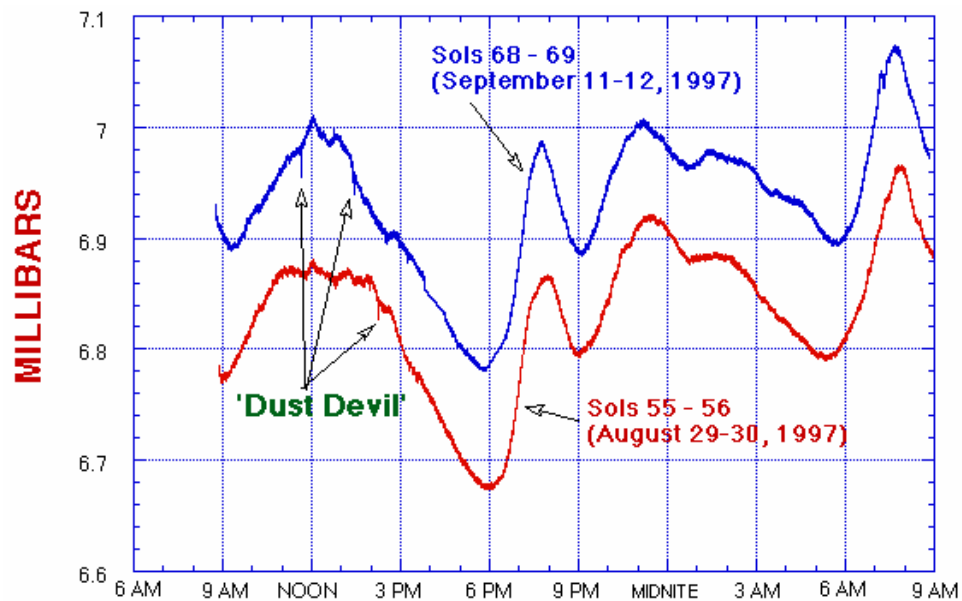


Figura 2.9 Variació de la pressió al llarg d'un dia.
Dades preses per la Mars Pathfinder, a 1m del Terra. Hemisferi nord.

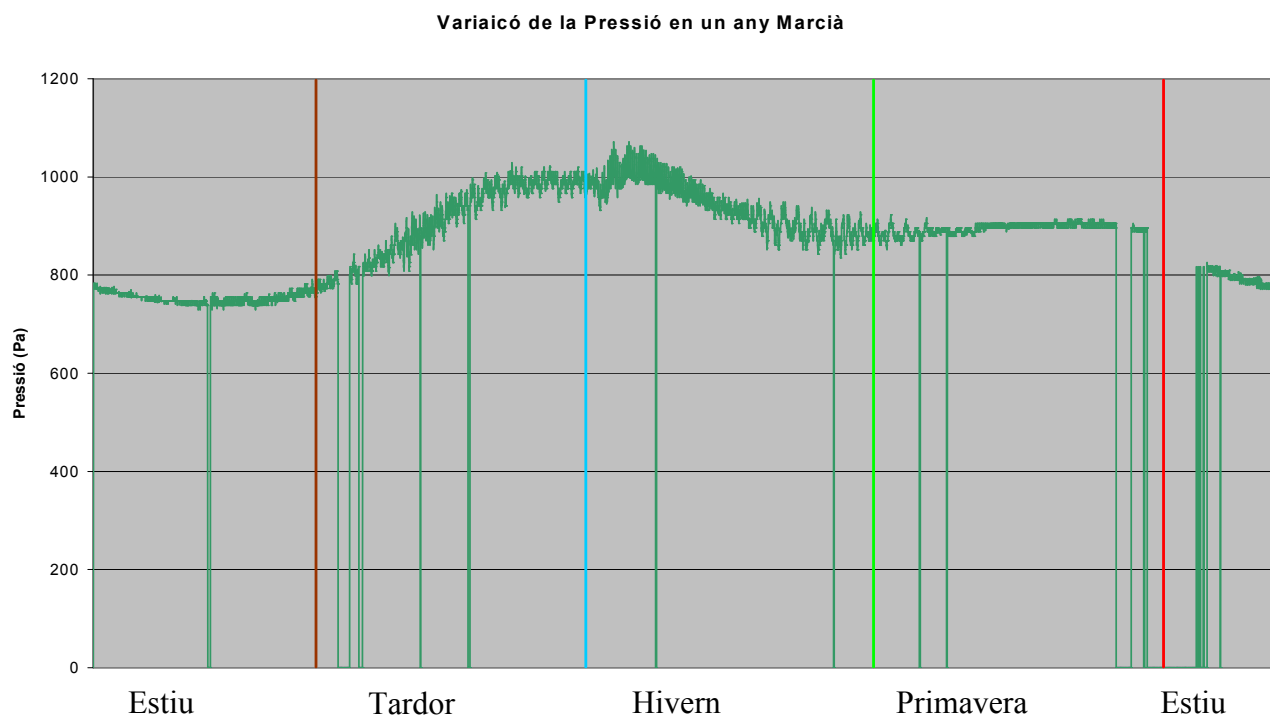


Figura 2.10 Variació de la pressió al llarg d'un any marcià.
Dades extretes de la Viking II. Hemisferi nord.

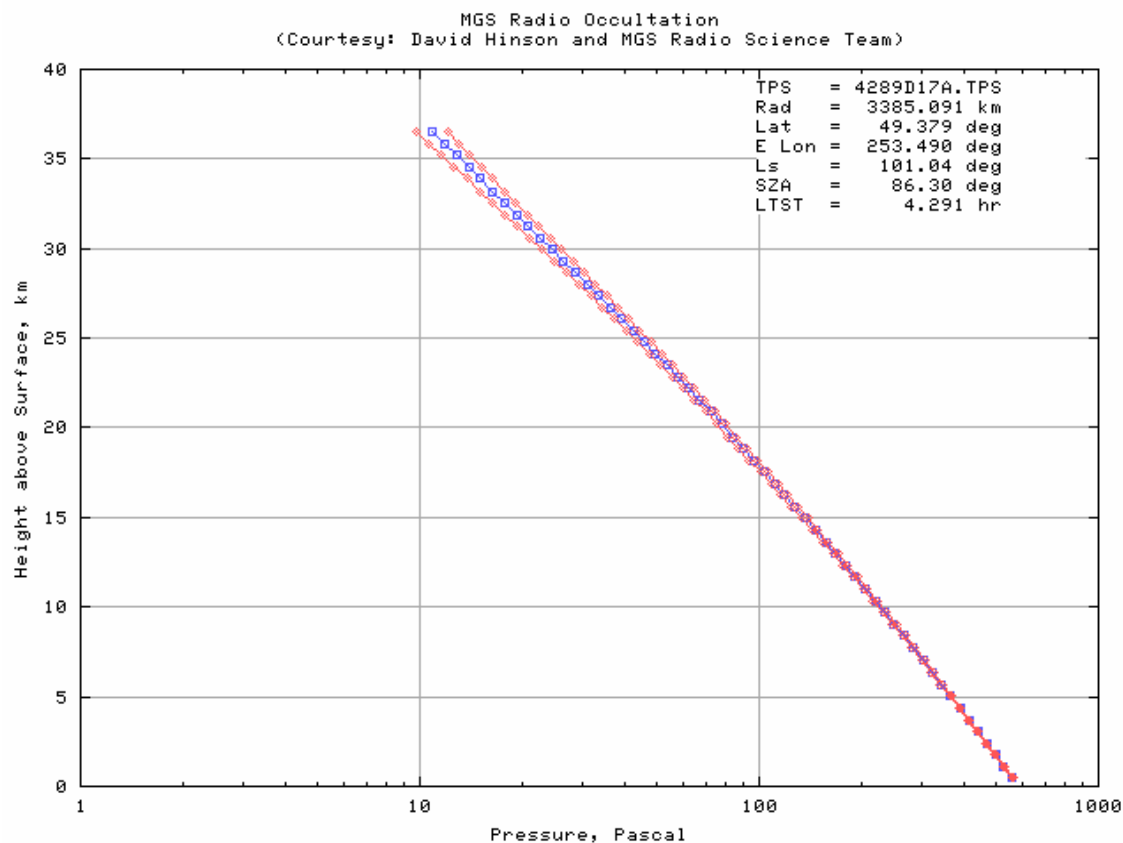


Figura 2.11 Variació de la pressió amb l'altura en l'estiu, hemisferi nord.
Dades extretes de la Mars Global Surveyor

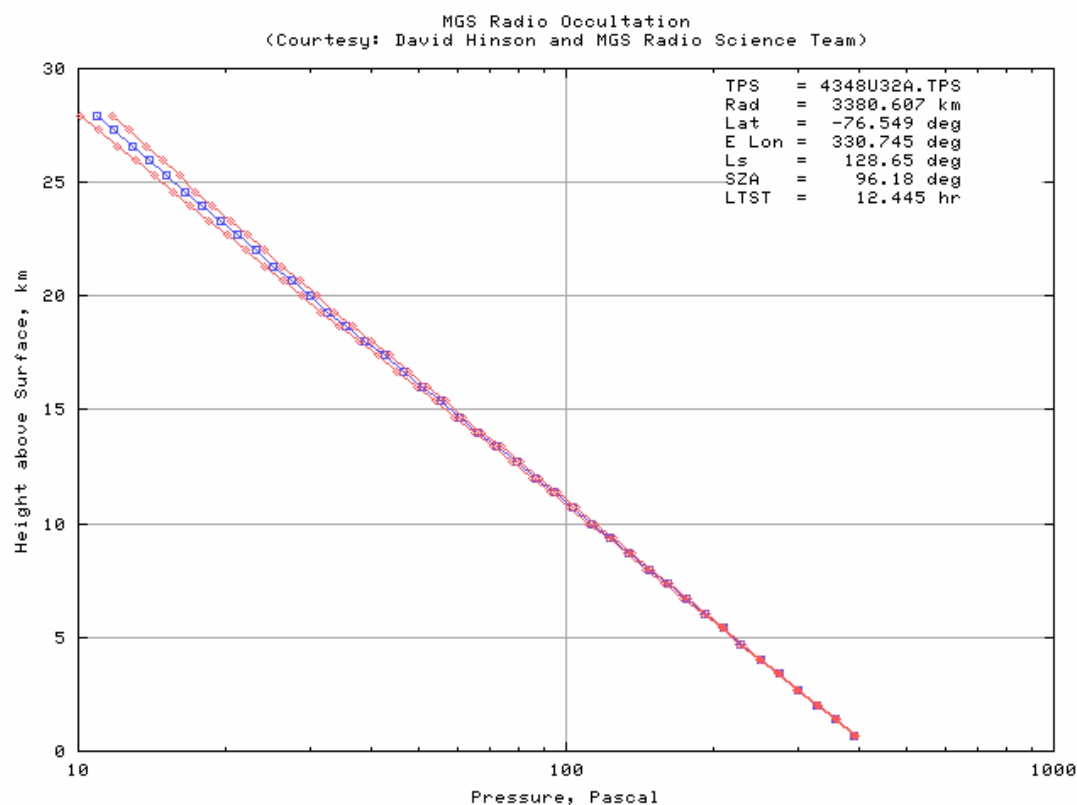


Figura 2.12 Variació de la pressió amb l'altura en l'hivern, hemisferi sud.
Dades extretes de la Mars Global Surveyor

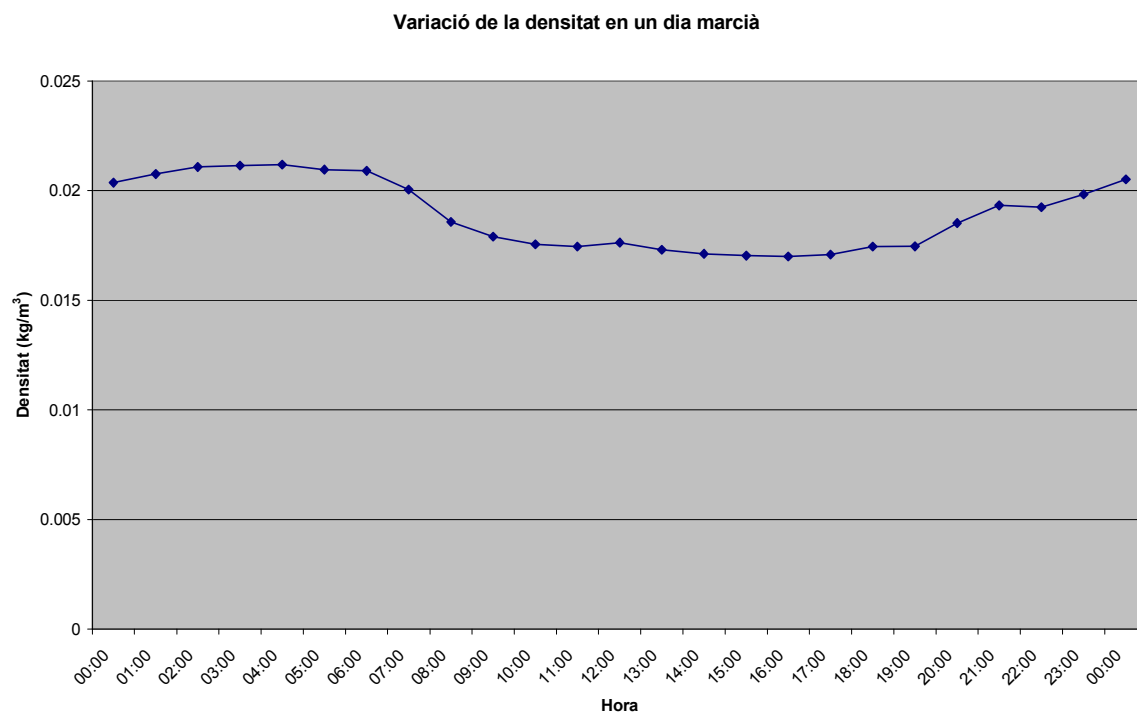


Figura 2.13 Variació de la densitat al llarg d'un dia marcià.
Dades extretes de la Viking II. a l'hemisferi nord

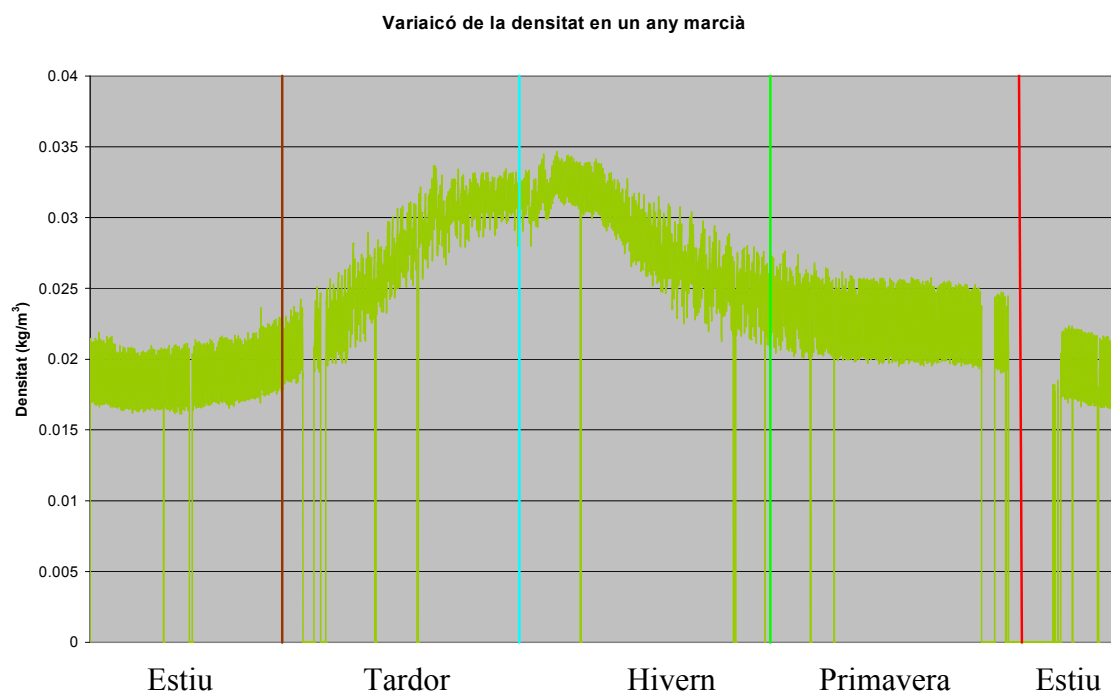


Figura 2.14 Variació de la densitat al llarg d'un any marcià.
Dades extretes de la Viking II, hemisferi nord

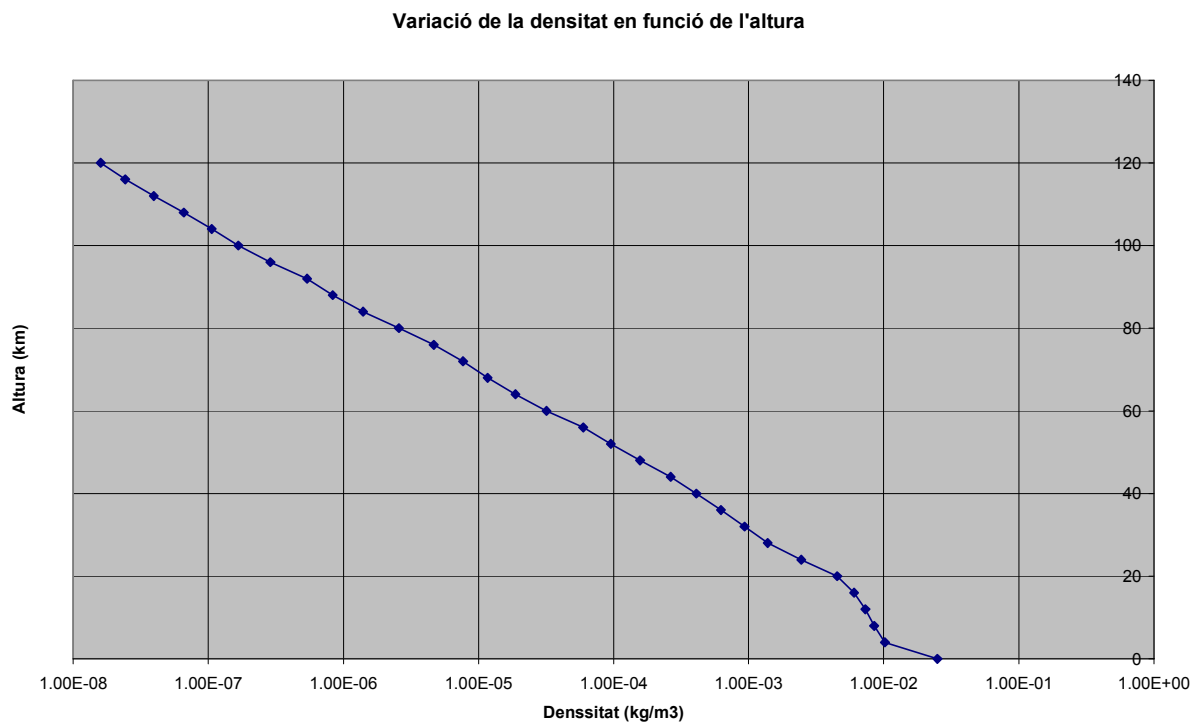


Figura 2.15 Variació de la densitat en funció de l'altura.
Dades extretes de la entrada a l'atmosfera de la Viking I.

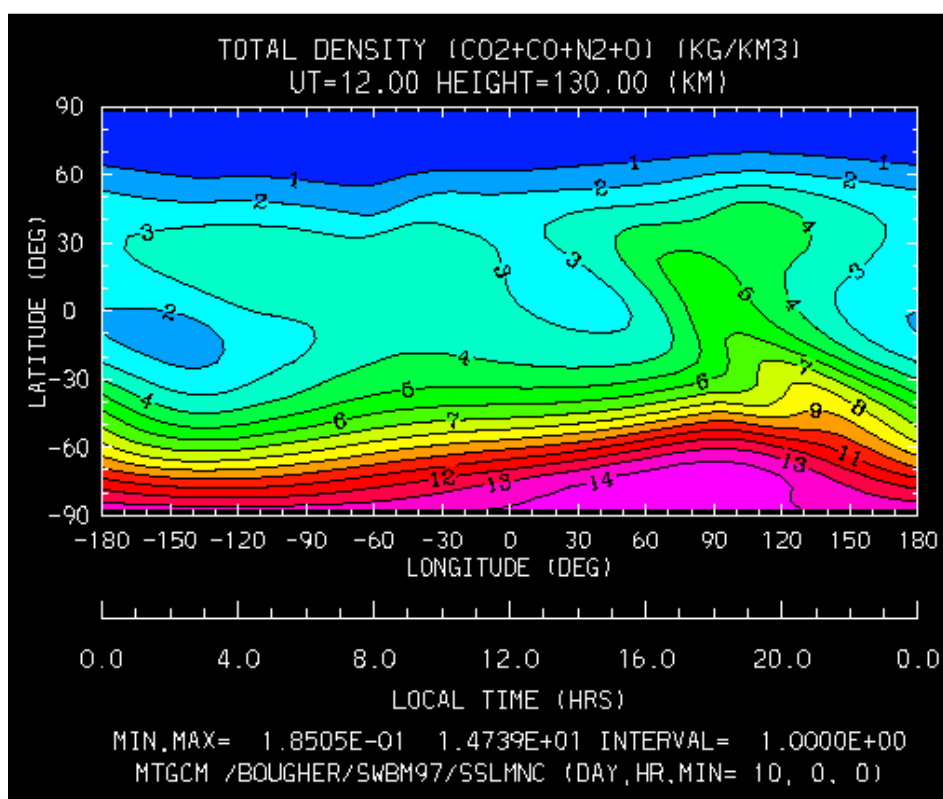


Figura 2.16. Variació de la densitat en funció de la latitud i la longitud.
Dades extretes de la Mars Global Surveyor

3. El codi del programa per dissenyar perfils alars

El següent codi correspon al llenguatge desenvolupat per poder crear les la gran diversitat de perfils per després analitzar-los.

A partir de les variables m , p i t que introdueix l'usuari, et calcular tots els punts del perfil, amb una precisió de 2000 punts, i els punts de la línia mitja.

Finalment, t'introdueix tots els punts en un fitxer tipus *.txt* per després exportar-los al Gambit i poder dissenyar la malla.

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>

void main ()
{
    double m, t, p, x=0, yc[1001], yt[1001], ra, xr, yr,xo,yo,xl,yl; //considerem una
corda unitaria
    int i;
    double theta[1001], c, yprim, fprim, x2; //Per fer el càlcul de l'angle
    FILE *fp;

    fp=fopen("dades.txt", "w");

    if (fp==NULL)
    {
        printf("Error al obrir el fitxer!\n");
    }
    else
    {

        printf("Digues la Ycmax en valor unitari (m):");
        scanf("%lf",&m);

        printf("Digues la gruixmax en valor unitari (t):");
        scanf("%lf",&t);

        printf("Digues la posició de Ycmax en valor unitari (p):");
        scanf("%lf",&p);

        //printf("%6.21f ",m);
```

```

//Calculem el perfil

while (x<1.001)
{
    i=x*1000;

    //Calculem la linea mitja del perfil

    if(x<p || x==p)
    {
        yc[i]=(m/pow(p,2))*(2*p*x-pow(x,2));

    }

    else if (x>p)
    {
        yc[i]=(m/pow(1-p,2))*((1-2*p)+2*p*x-pow(x,2));
    }

    //Calculem la distribució de gruixos

    yt[i]=(t/0.2)*(0.29690*pow(x,0.5)-0.12600*x-
0.35160*pow(x,2)+0.28430*pow(x,3)-0.10150*pow(x,4));

    x=x+0.001; //Abansem en l'eix x

}

//Calculem els valors del angle o en els diferents punts de x

x=0;

while (x<1.001)
{

    i=x*1000;

    if(x<p || x==p)
    {

        fprim=(m/pow(p,2))*(2*p-2*x);

    }

```

```

        else if(x>p)
        {
            fprim=(m/pow(1-p,2))*(2*p-2*x);
        }

        theta[i]=atan(fprim);

        x=x+0.001;
    }

    //Calculem el radi de curvatura

    xr=0.05; //L'abcisa del centre de la circumferència
    yr=yc[50]; //L'ordenada del centre de la circumferència
    ra=1.1019*pow(t,2);

    //Calculem els valors del perfil fent un altre bucle

    x=0;

    fprintf(fp,"Valors del extradós\n");

    while(x<1.001)
    {
        i=x*1000;

        //calculem els valors del extradós

        xo=x-yt[i]*sin(theta[i]); //o en radians

        yo=yc[i]+yt[i]*cos(theta[i]);

        fprintf(fp,"%6.21f ",xo);
        fprintf(fp,"%6.21f ",yo); //ho escribim al fitxer
        fprintf(fp,"0 \n");

        x=x+0.001;
    }

```

```

x=0;

fprintf(fp,"Valors del intradós\n");
while(x<1.001)
{
    i=x*1000;

    //calculem els valors del intradós

    xl=x+yt[i]*sin(theta[i]); //o en radians theta[i]

    yl=yc[i]-yt[i]*cos(theta[i]);

    fprintf(fp,"%6.21f ",xl);
    fprintf(fp,"%6.21f ",yl);
    fprintf(fp,"0 \n");//ho escribim al fitxer

    x=x+0.001;
}

// Imprimim també la línia mitja i el radi de curvatura

fprintf(fp,"Valors del la línia mitja\n");

x=0;

while(x<1.001)
{
    i=x*1000;

    fprintf(fp,"%6.21f ",x);
    fprintf(fp,"%6.21f ",yc[i]);
    fprintf(fp,"0 \n");

    x=x+0.001;
}

//Imprimim el radi de curvatura

fprintf(fp,"Valor del radi de curvatura i el centre\n");

fprintf(fp,"%6.21f ",xr);
fprintf(fp,"%6.21f ",yr);
fprintf(fp,"0 \n");
fprintf(fp,"El radi és: %6.21f ",ra);

```

```
// Imprimim els valors del angle

x=0;
fprintf(fp,"Valor de angle theta són:\n");

while(x<1.001)
{
    i=x*1000;

    fprintf(fp,"%6.21f\n ",theta[i]);

    x=x+0.001;
}

//Imprimim els valors de yt

x=0;

fprintf(fp,"Valor de la distribució de gruixos són:\n");

while(x<1.001)
{
    i=x*1000;

    fprintf(fp,"%6.21f\n ",yt[i]);

    x=x+0.001;
}

//pow es fa servir per la potencia /*sin(0) i cos(0)*/

    fclose(fp);
}

}
```